I. Stirbulescu
C. Georgescu

Utilizarea contoarelor electrice de curent alternativ

colecția electricianului



editura tehnică

Ing. ION ȘTIRBULESCU CONST. GEORGESCU

Utilizarea contoarelor electrice de curent alternativ



EDITURA TEHNICĂ
București — 1969

Lucrarea descrie principiile de funcționare și de construcție ale diferitelor tipuri de contoare și ale tarnsformatoarelor de măsură aferente, existente în țară sau provenite din import. Sînt prezentate schemele de montaj și greșelile care se pot face în diferite situații, metodele de verificare a aparatelor înainte de punerea în funcție și în timpul exploatării.

Cartea se adresează muncitorilor și tehnicienilor care lucrează în domeniul montării, exploatării și verificării contoarelor electrice și personalului energetic din întreprinderile industriale.

Control științific: ing. DORIN MERIȘCA

Prefață

Dezvoltarea continuă a instalațiilor electroenergetice, a construcțiilor civile și industriale din țara noastră, cum și cerințele gospodăririi mai raționale a energiei electrice, au dus la folosirea unui număr sporit de contoare electrice și la fabricarea unor tipuri mai perfecționate de asemenea aparate, corespunzătoare noilor condiții de exploatare. A crescut de asemenea numărul muncitorilor și tehnicienilor din sectorul energetic și din întreprinderi care exploatează contoare electrice sau prelucrează datele furnizate de acestea și sînt interesați să cunoască unele aspecte noi în funcționarea și exploatarea diferitelor tipuri de contoare electrice construite la noi sau aduse din import.

Lucrarea de față, adresîndu-se acestor categorii de cititori, insistă în mod deosebit asupra problemelor legate de folosirea contoarelor electrice, de corecta determinare a mărimilor ce sînt indicate direct sau pot fi deduse din înregistrările lor. Pe lîngă descrierea tipurilor de contoare întîlnite curent în exploatare ca și a celor introduse recent, s-au dat indicații de detaliu privind alegerea celui mai potrivit tip de contor, avîndu-se în vedere atît destinația acestuia, cît și caracteristicile instalației în cadrul căreia va trebui să funcționeze.

Sperăm că în acest mod punem la îndemîna muncitorilor și tehnicienilor electroenergeticieni o lucrare completă din literatura proprie, care să trateze problemele teoretice și practice ce se pun în legătură cu utilizarea contoarelor de curent alternativ.

Autorii

1. Contorul de inducție

În instalațiile electrice de curent alternativ sînt utilizate practic numai contoarele de inducție, datorită simplității lor constructive, costul lor lui redus și siguranței lor în funcționare.

Va fi analizat, în primul rînd cazul contorului monofazat de energie activă, urmînd ca mai departe, cînd se vor examina celelalte tipuri de contoare de inducție, care nu se deosebesc cu nimic de contorul monofazat din punctul de vedere al principiului de funcționare și care, în mare, conțin aceleași părți componente, să se insiste numai asupra particularităților fiecăruia.

1.1. Principiul de funcționare

Din punctul de vedere al principiului de funcționare, contorul de inducție (fig. 1) poate fi asemuit cu un mic motor asincron, cu rotorul în scurtcircuit. Un disc *1*, construit dintr-un material nemagnetic (aluminiu sau, mai rar, alamă sau cupru), fixat pe un ax vertical *2*, formează elementul mobil al contorului. Discul contorului se rotește sub acțiunea unui sistem de doi electromagneți: unul, *3*, avînd bobinajul legat în serie, iar cel de-al doilea, *4*, în paralel cu circuitul în care se măsoară energia electrică.

Fluxurile bobinajelor electromagneților induc în discul de aluminiu tensiuni electromotoare care dau naștere la curenți turbionari. Interacțiunea fluxurilor cu curenți turbionari generează forțe care la rîndul lor produc cupluri de rotație. Acțiunea magnetului permanent 5 (denu-

mit şi magnet de frînare) asupra discului care se roteşte printre polii săi produce cuplul rezistent, care are drept scop uniformizarea vitezei, el opunîndu-se acţiunii cuplului motor.

Contorul se reglează în aşa fel, încît viteza de rotaţie a discului să fie în orice moment proporţională cu puterea de măsurat şi deci, într-un anumit interval de timp, numărul de rotaţii ale discului să fie direct proporţional cu energia măsurată în acelaş interval de timp.

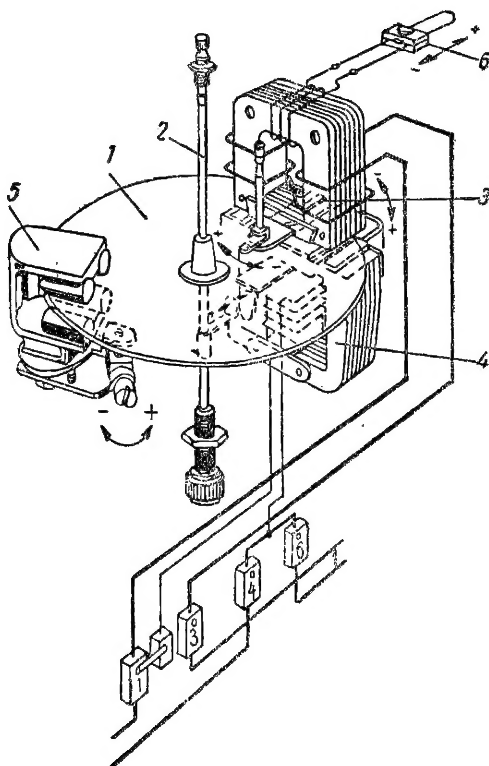


Fig. 1. Schemă de principiu a unui contor de inducţie.

Pentru realizarea preciziei în funcționare la sarcini neînductive, contorul este prevăzut cu un compensator de fază *6*.

1.2. Construcția contorului de inducție

În fig. 2 este reprezentată vederea generală a unui contor de inducție monofazat, pentru energie activă, fabricat la uzina Electromagnetica. În cele ce urmează se vor descrie principalele lui părți componente (mecanismul de înregistrare 8 urmînd a se analiza separat la 1.2.5.).

1.2.1. *Ansambluri și piese cu destinație generală*

Soclul. Denumit și *fundul cutiei*, soclul (*1* — fig. 2) este piesa pe care se fixează suportul pentru elementele

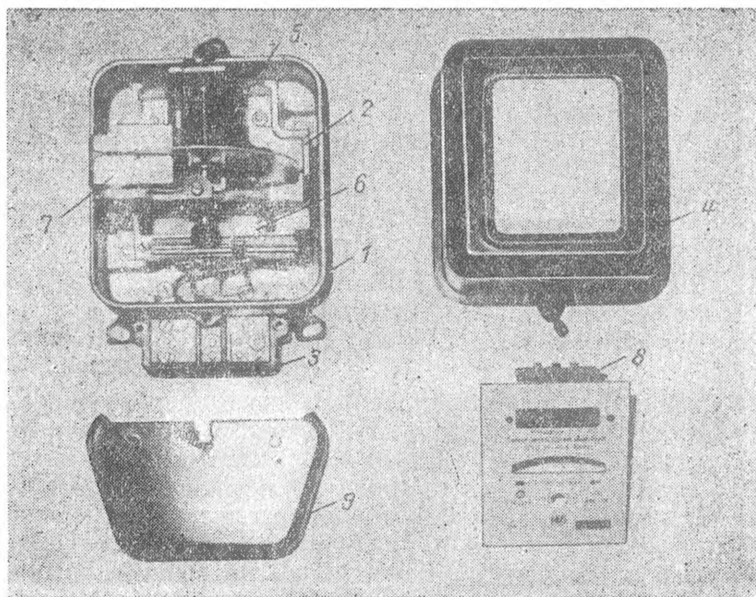


Fig. 2. Vedere generală a unui contor de inducție monofazat.

electromagnetice, cutia bornelor și capacul. El se confecționează din tablă de oțel groasă de 0,7—1,0 mm și mai rar din fontă turnată; în ultimul timp au început să fie folosite socluri din material plastic.

Spre deosebire de soclurile metalice, cele din material plastic deși au dezavantajul unei rezistențe mecanice mai reduse și al imposibilității reparării lor în caz de deteriorare, prezintă însă, pentru exploatare, avantajul că se curăță ușor și nu trebuie să fie vopsite.

Suportul sau șasiul. Se confecționează prin matrițare din tablă de oțel groasă de 1,5—2,0 mm (2 — fig. 2) și este fixat pe soclu prin șuruburi, nituri sau sudat prin puncte. Suportul este zincat sau cositorit pentru a fi protejat împotriva coroziunii. Pe suport se montează elementele electromagnetice, lagărele, mecanismul totalizator și magnetul de frînare.

Cutia bornelor. Cutia bornelor 3, este compusă dintr-un bloc de material plastic, care se fixează de soclu prin șuruburi. În bloc sînt fixate bornele (plăci de alamă, cu găuri pentru șuruburi, ce servesc pentru fixarea conductoarelor).

La unele tipuri de contoare, bornele, care se pot deteriora ca urmare a unor scurtcircuite între conductoare, pot fi înlocuite; la alte tipuri de contoare însă, înlocuirea lor nu este posibilă, bornele fiind presate în bloc.

Cutia bornelor este prevăzută cu un capac 9, ce se fixează cu ajutorul unui șurub special, care permite sigilarea capacului, astfel încît desfacerea voită a conductoarelor prinse în borne nu este posibilă decît după ruperea sigiliului.

Capacul contorului. Capacul 4, care acoperă mecanismul contorului, se confecționează din tablă, mai rar din sticlă încasantă și, în ultimul timp, din material plastic. Cele spuse pentru soclu, în ceea ce privește materialul folosit, sînt valabile și pentru capac. Capacul se fixează pe soclu cu ajutorul unor șuruburi speciale, de tipul folosit pentru fixarea capacului la cutia bornelor, care permit sigilarea capacului de către D.G.M.S.I. (verificare de stat).

Pentru a se evita pătrunderea prafului în contor, în soclu sau în marginea capacului contorului este practicat un șănțuleț, în care se introduce o garnitură de cauciuc sau un șnur de bumbac împletit, care asigură un contact cît mai bun între capac și soclu.

1.2.2. *Elementul electromagnetic*

Elementul electromagnetic este format din cei doi electromagneți construiți din tole subțiri de oțel electrotehnic, nituite și lăcuite pentru protejarea lor împotriva coroziunii. Pe electromagnetul 5 se află o bobină cu un număr mare de spire (8 000—12 000) din sîrmă subțire de cupru (diametrul 0,06—0,15 mm) izolată cu email și conectată în paralel la rețea (sau cu secundarul transformatoarelor de tensiune), din care cauză înfășurarea respectivă se numește *bobină paralelă* sau de *tensiune*. Reactanța inductivă a bobinei de tensiune este foarte mare și de aceea curentul care o străbate este foarte mic, de ordinul cîtorva miliamperi. Este de remarcat că izolarea cu hîrtie sau mătase a sîrmei din care este executată bobina de tensiune nu se practică, deoarece dat fiind marele număr de spire, aceasta ar conduce la dimensiuni prea mari ale înfășurării.

Pe electromagnetul 6 se află o bobină formată dintr-un număr redus de spire (circa 20) din sîrmă cu o secțiune destul de mare, prin care trece întregul curent de sarcină, din care cauză se numește *bobină serie* sau de *curent*.

Pentru fiecare tip de contor, numărul de amperspire (produsul dintre numărul de spire și curentul ce le străbate) are o valoare caracteristică, ce trebuie respectată pentru menținerea caracteristicilor contorului. Sîrma cu care se execută bobina serie se izolează cu email sau bumbac, secțiunea sa neavînd nici o influență asupra corectitudinii funcționării contorului; ea se alege numai în funcție de valoarea curentului ce o străbate, ținînd cont de valoarea temperaturii maxime admisibile.

1.2.3. *Magnetul de frînare*

Confecționați din oțel special, magnetizat puternic (magnetizare ce trebuie să se mențină timp îndelungat), magneții de frînare 7 se construiesc într-o mare varietate de forme, determinate de necesitatea obținerii unei acțiuni de frînare cît mai mare, la o greutate a magnetului cît mai mică și a unei confecționări cît mai ușoare. Acțiunea maximă de frînare se produce atunci cînd magnetul se apropie de marginea discului contorului și se reduce pe măsură ce magnetul se apropie de ax (de centrul discului).

Pentru a se putea regla viteza de rotație a discului prin deplasarea magnetului, acesta se fixează pe suportul (șasiul) contorului prin șuruburi, astfel încît el să se poată deplasa paralel cu discul, apropiindu-se sau depărtîndu-se de axul discului, după cum dorim să obținem o acțiune de frînare mai mică sau mai mare.

Un al doilea procedeu de modificare a acțiunii de frînare constă în folosirea unui șunt magnetic. În acest caz, variația acțiunii de frînare nu se mai obține prin modificarea poziției magnetului în raport cu discul, ci prin modificarea numărului liniilor magnetice de forță ce trec prin disc. Principial, reglajul cu ajutorul șuntului

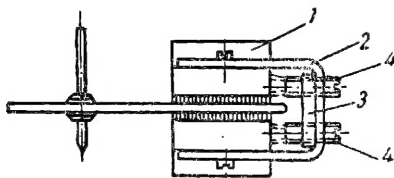


Fig. 3. Șunt magnetic.

magnetic (fig. 3) se realizează după cum urmează. De magnetul *1* este fixată o scoabă de alamă *2*, de care este fixată la rîndul ei o lamă de fier *3*. În lama de fier *3* sînt fixate două șuruburi de fier *4*. Deși majoritatea liniilor de forță magnetice traversează discul, un anumit număr de linii de forță trec și prin șuntul magnetic (număr relativ mic din cauza rezistenței opuse de cele

două întrefieruri pe care trebuie să le străbată). Apropiind cele două șuruburi *4* de magnetul *1*, întrefierurile se micșorează, numărul liniilor de forță ce trec prin șunt crește, iar fluxul magnetic din disc scade. În acest fel, prin apropierea șuruburilor de magnet, frînarea discului slăbește iar viteza sa crește. Același raționament arată că prin îndepărtarea șuruburilor de magnet, influența șuntului magnetic scade, fluxul magnetic din disc crește, acțiunea de frînare a magnetului este mai puternică, iar viteza discului va scădea.

Există contoare la care reglarea acțiunii de frînare a magnetului asupra discului se face combinat:

— un reglaj grosier, obținut prin deplasarea magnetului de frînare;

— un reglaj fin, obținut prin utilizarea unui șunt magnetic, conform celor arătate mai sus.

1.2.4. *Elementul mobil și lagărele sale*

Elementul mobil și lagărele sale conțin o serie de piese componente și subansambluri, ce se pot distinge și în fig. 1 dar care sînt reprezentate mai în detaliu în fig. 4 și fig. 5.

Discul contorului. Discul (fig. 4) se matrițează în marea majoritate a cazurilor din aluminiu de calitate superioară și la contoarele trifazate se utilizează două sau trei pe același ax. Discul se fixează pe axul său prin presare și, de obicei, prin lipire cu un aliaj de cositor (la contoarele monofazate), sau cu ajutorul unor șuruburi fixate în bucșe de alamă, care se montează pe ax (soluția adoptată în special la contoarele trifazate cu două sau trei discuri). Pentru a se permite determinarea numărului de rotații ale discului într-un anumit interval de timp, marginea acestuia se vopsește cu vopsea roșie, pe o lungime de circa 15 mm (reperul discului). La contoarele moderne, marginea discului contorului este zimțată sau gradată prin vopsire.

Axul. Se confecționează uneori din duraluminiu (greutate redusă a părții mobile) sau, mai ales în cazul axelor lungi (la contoarele trifazate cu două sau trei discuri), din oțel calibrat (fig. 4).

Melcul, şurubul fără sfîrşit sau şnecul. Se confecţionează din alamă şi se montează pe ax prin intermediul unei bucşe, sau uneori se filetează pe ax (fig. 4). Melcul este angrenat cu roata dinţată conducătoare a mecanismului de înregistrare a energiei consumate transmiţîndu-i acestuia mişcarea discului contorului. Mai rar, la unele tipuri de contoare, şurubul fără sfîrşit este înlocuit printr-o roată dinţată, modificîndu-se în acest caz sistemul de transmitere a mişcării de la discul contorului la *mecanismul înregistrator* (denumit impropriu astfel, în sensul că nu înregistrează grafic valorile măsurate).

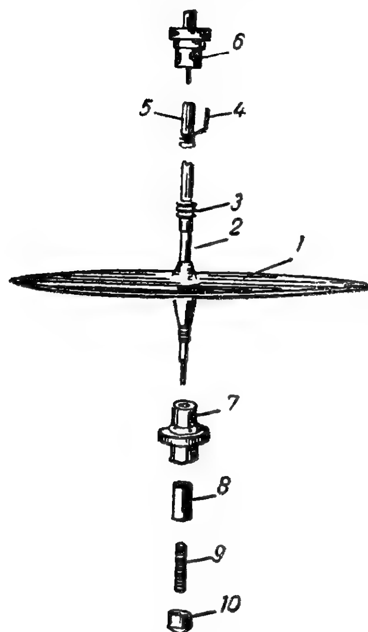


Fig. 4. Element mobil cu lagăre:

1 — disc; *2* — ax; *3* — melc; *4* — cîrlig de frînare; *5* — căpăcel; *6* — lagăr superior; *7* — corp lagăr inferior; *8* — bucşă cu piatră şi suport bilă; *9* — arc spiral; *10* — căpăcel lagăr inferior.

Numărul indicat de cifrele mecanismului de înregistrare al unui contor se numeşte *indexul* contorului.

Lagărul (palierul) superior. Deşi la diferitele tipuri de contoare întîlnite apar unele diferenţe constructive de detaliu specifice, principiul construcţiei lagărului superior este acelaşi. În fig. 5 este dată în detaliu construcţia lagărelor superior şi inferior ale unui contor A.E.G. Capătul superior al axului contorului *1* este găurit longitudinal, formînd camera de ulei 2. Pe capătul acestui ax astfel găurit se montează strîns un căpăcel de alamă *3*, avînd şi el la partea superioară un mic orificiu, prin care trece, de sus în jos, (în camera de ulei) un ac de oţel polizat *4*, avînd un diametru de 0,5 mm, care este fixat în suportul său

cu un aliaj de cositor. Suportul acului este introdus într-un orificiu special practicat în suportul (șasiul) contorului și menținut în poziția sa de funcționare cu ajutorul unei lame 5 sau, la alte tipuri de contoare, cu ajutorul unei bucșe cu piuliță.

Fiind ferite de praf, lagărele astfel construite pot funcționa fără nici un fel de întreținere ani în șir, uleiul din camera de ulei întinzîndu-se pe suprafața acului și micșorînd frecarea. După ani de funcționare, orificiul

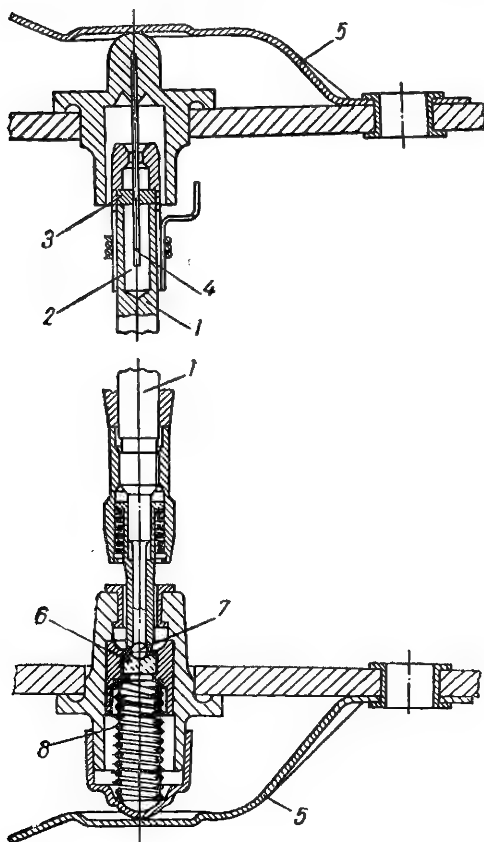


Fig. 5 Construcția lagărelor unui contor.

căpăcelului de alamă, care se fixează pe capătul superior al axului și prin care se introduce acul, se uzează, lărgindu-se treptat, astfel încît cu timpul apar vibrații ale discului și ale întregului element mobil, trepidațiile respective împiedicînd normala funcționare a contorului. Remediul constă în înlocuirea căpăcelului de alamă, de preferință cu unul original, la nevoie confecționat în atelier (operație destul de simplă).

Este de remarcat faptul că lagărul superior reprezintă o construcție destul de delicată, din care cauză se impune evitarea deteriorărilor în special în timpul transportului și al manipulărilor contorului.

Lagărul (palierul) inferior, pivotul sau crapodina. Construcția lagărului inferior al elementului mobil al contorului trebuie să asigure o frecare minimă pe timp îndelungat, din care cauză, pentru obținerea unui minim de uzură a părților în frecare, pivotul reprezintă unul din cele mai importante și mai delicate subansambluri ale unui contor de orice tip și, oricare ar fi soluția constructivă aleasă, ea trebuie să satisfacă dezideratul de mai sus. Lagărul inferior se fixează în suportul (șasiul) contorului fie prin înșurubare (cu contrapiuliță împotriva deșurubării de la sine), fie prin introducerea sa într-un orificiu special practicat în suportul contorului și menținut în poziția sa de funcționare cu ajutorul unei lame arcuite 5 (fig. 5.).

În corpul lagărului inferior se găsește o piatră *6* de corindon, agat, safir sau mai rar, rubin, naturală sau sintetică, foarte bine șlefuită (în general se folosesc pietre de safir sintetic), pe care se rotește împreună cu axul discului contorului un con, la capătul căruia este presată o bilă de oțel *7* bine călită, cu diametrul de 0,8—1,0 mm (după tipul contorului). Contactul dintre bilă și piatră se face pe o suprafață de ordinul cîtorva miimi de milimetru pătrat, în care scop suprafața bilei trebuie foarte fin lustruită.

Soclul pietrei se mișcă liber în pivot și este împins în sus de un arc *8* (resort spiral), astfel calculat încît forța sa de împingere să fie ceva mai mare decît greutatea elementului mobil (disc și ax). Arcul servește la

amortizarea șocurilor (de pildă în timpul transportului contorului).

Piesele lagărului inferior care se uzează sînt bila și piatra, care, după un anumit număr de ani de funcționare, trebuie înlocuite.

Funcționarea lagărului inferior este condiționată de calitatea pieselor în frecare, cu mențiunea că cea mai mică asperitate a acestora conduce la mărirea frecărilor, ceea ce influențează puternic în rău însăși funcționarea contorului.

Din această cauză, la montarea pieselor componente ale lagărului inferior trebuie respectate cu deosebită strictețe reguli severe de curățenie: se lucrează în încăperi lipsite de praf; piesele în frecare se curăță cu benzină și alcool, fără a fi atinse apoi cu mîna; bilele se păstrează în sticluțe cu ulei special, fără urme de acid; pentru ungere se folosește cel mai fin ulei de oase.

De remarcat că de minuțiozitatea executării lagărului inferior și de modul în care acesta a fost menajat în timpul transportului contorului, depinde în cea mai mare măsură felul în care un contor se comportă în timp.

1.2.5. *Mecanismul de înregistrare*

Nu vom examina în cele ce urmează tipurile *cu ace* și *cu discuri*, ci ne vom ocupa numai de mecanismul de înregistrare *cu role* (fig. 6), folosit în exclusivitate la contoarele moderne. Mișcarea discului contorului se transmite prin melcul *1*, montat pe axul discului la roata dințată *2*, fixată rigid pe axul *3*, care. rotindu-se, transmite mișcarea pinionului *4*. Acesta este angrenat cu roata dințată *5*, fixată rigid pe axul *6*, care, rotindu-se, transmite mișcarea pinionului *7*, angrenat cu roata dințată *8*, fixată de prima rolă cu cifre *9*, fiind așezate liber pe axul *10*, pe care sînt

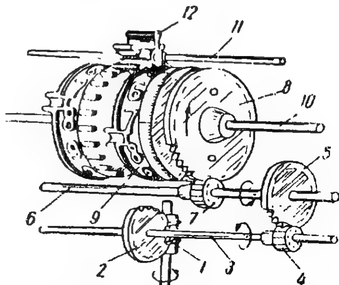


Fig. 6. Mecanism de înregistrare.

așezate tot liber și celelalte role (un contor are cinci sau șase role; contoare cu un număr mai mic de role nu se mai fabrică).

Pe suprafețele cilindrice ale rolelor sînt 10 cifre (de la 0 la 9). Fiecare rolă are pe o parte 20 de dinți, iar pe cea de-a doua parte o nervură specială formînd 2 dinți. Excepție face numai prima rolă din dreapta 9, care în locul celor 20 de dinți are fixată roata dințată *8*. La rotația discului contorului, roata dințată *8* și prima rolă *9* se mișcă neîntrerupt. Pe axul *11*, paralel cu celelalte axe (*3*, *6* și *10*), sînt așezate liber o serie de pinioane de transmisie intermediară *12*, al căror număr este cu unu mai mic decît numărul rolelor contorului așezate liber pe axul *10*. Aceste pinioane au o formă specială, fiecare avînd cîte 6 dinți, și anume: 3 dinți lungi, normali, cît lățimea pinionului și 3 dinți mai scurți, acoperind numai circa 60% din lățimea pinionului, începînd din extrema stîngă (sensurile dreapta-stînga se consideră privind fig. 6 în față). Aceste pinioane speciale, la care dinții lungi alternează cu cei scurți (unul lung — unul scurt) sînt astfel aranjați pe axul *11*, prin piese de distanță, încît întotdeauna între două role de pe axul *10* este intercalat cîte un pinion de pe axul *11*, de așa manieră, încît fiecare pinion intermediar este cuplat rigid în partea stîngă cu cîte o rolă, prin intermediul celor 20 de dinți pe care acestea îi au în partea dreaptă.

Ori de cîte ori prima rolă din dreapta (care prin intermediul transmisiilor menționate este cuplată rigid cu discul contorului, rotindu-se deci ori de cîte ori se rotește acesta), face o rotație completă (360°), nervura sa specială, formînd cei 2 dinți din partea stîngă, acționează asupra pinionului intermediar alăturat, rotindu-l cu 2 dinți (120°). La rîndul său, pinionul acționează cu partea stîngă a dinților săi asupra rolei din stînga, pe care o rotește cu 2 dinți, adică cu 10% dintr-o rotație completă, deci cu o cifră. Rezultă că rola a doua din dreapta va face o rotație completă atunci cînd prima rolă din dreapta se va roti de 10 ori, caz în care însă și rola a treia din dreapta se va roti cu 2 dinți (din cei 20), deci cu 36°. Lucrurile se petrec în mod analog și cu celelalte role ale mecanismului de înregistrare, indiferent de numărul lor,

astfel încît orice rolă se va roti de un număr de 10 ori mai mare decît rola din stînga sa.

Rolele se acoperă cu un cadran (plăcuţă) avînd orificii (ferestre) ovale sau dreptunghiulare (cîte un orificiu pentru fiecare rolă), prin care se poate vedea numai cîte o cifră a fiecărei role. Rolele cu cifre se toarnă, sub presiune, dintr-un aliaj de cositor, sau se presează din material plastic.

Mecanismele de înregistrare cu role sînt foarte practice în exploatare, dar cer o execuţie extrem de îngrijită, în special în privinţa rolelor cu cifre şi a pinioanelor intermediare, în caz contrar apărînd *blocarea* contorului. Remarcăm că mecanismul expus mai sus prezintă inconvenientul creşterii frecării, datorită rotirii concomitente a mai multor role, situaţie de care trebuie să se ţină seama la studierea şi reglajul contorului.

Asupra semnificaţiei cifrelor indicate de mecanismul de înregistrare se va reveni într-unul din capitolele următoare, arătîndu-se aici numai că diferenţa dintre două indicaţii ale contorului este un număr proporţional cu numărul de rotaţii efectuate de către discul contorului în intervalul de timp respectiv.

1.2.6. *Dispozitivele de reglare ale contoarelor*

Înainte ca un contor să fie sigilat de către D.G.M.S.I. pentru a fi montat în instalaţie, el trebuie reglat în vederea corectei lui funcţionări, adică a corespondenţei dintre energie înregistrată de el şi energia real consumată (sau produsă).

Compensatorul (regulatorul) de fază (v. fig. 1.). În cazul contorului monofazat de energie activă, viteza de rotaţie a discului contorului trebuie să fie direct proporţională cu puterea activă $P=U \cdot I \cos \varphi$: la defazajul de 90°, factorul de putere şi puterea activă sînt egale cu zero, deci discul contorului nu trebuie să se rotească. Rotirea discului contorului într-un sens sau altul la $\cos \varphi=0$ arată că în contor decalajul celor două fluxuri care trec prin disc este diferit de 90° (mai mare sau mai mic).

Pentru a se realiza o funcţionare corectă a contorului la sarcini *neinductive*, se folosesc diferite dispozitive (în funcţie de tipul contorului), cunoscute sub denumirea generală de *compensatoare de fază*.

Un dispozitiv foarte cunoscut, folosit în acest scop mai ales la tipurile mai vechi de contoare, constă într-o placă de cupru, care se aşază în întrefierul din electromagnetul derivaţie prin care trece fluxul de dispersie. Existenţa lamei de cupru în calea fluxului de dispersie modifică faza fluxului util. Prin modificarea distanţei cu care placa de cupru este introdusă în întrefier, se poate ajunge la imobilitatea completă a discului (la $\cos \varphi = 0$), realizîndu-se astfel corecta funcţionare a contorului.

O altă metodă utilizată constă în sudarea pe electromagnetul înfăşurării serie a unor spire în scurtcircuit, din sîrmă de cupru. Îndepărtarea unora din spirele existente sau adăugarea unor spire suplimentare modifică defazajul dintre cele două fluxuri care trec prin disc. Dezavantajul acestei metode constă în faptul că reglajul este nepractic, necesitînd fie sudarea, fie tăierea de spire.

O metodă foarte răspîndită în special la contoarele moderne este bobinarea pe electromagnetul înfăşurării serie a două, trei spire din sîrmă groasă de cupru, la capătul cărora se sudează o buclă de nichelină, pe care se poate deplasa un cursor cu şurub. Prin deplasarea cursorului de-a lungul buclei se modifică rezistenţa acesteia, reducînd sau majorînd în acest mod acţiunea spirelor asupra electromagnetului.

Compensatorul frecării. La orice contor apar o serie de frecări în timpul funcţionării (în lagăre, în mecanismul de înregistrare, frecări ale elementului mobil cu aerul etc.). Mai ales în cazul sarcinilor mici, rezistenţa opusă de frecări mişcării discului este mare în raport cu acţiunea elementului electromagnetic, astfel încît apare necesară construirea unor dispozitive care să compenseze frecarea creînd o mică forţă suplimentară care acţionează asupra discului şi echilibrează forţa de frecare, aceasta

chiar în lipsa curentului din bobina serie. Forța pe care o dezvoltă compensatorul frecării trebuie să fie egală sau ceva mai mare decît forța de frecare.

O primă metodă de compensare a frecării constă în înșurubarea unui șurub de oțel în electromagnetul bobinei paralel. Dacă prin înșurubarea sau deșurubarea acestui șurub, poziția sa devine nesimetrică față de corpul polului, liniile de forță din capetele șurubului devin nesimetrice, acționînd asupra discului spre partea în care șurubul iese mai mult în afară.

O altă metodă de compensare a frecării constă în așezarea sub polul electromagnetului derivație — asimetric față de aceasta — a unei plăci de cupru, în care ca și în disc, apar curenți, care, acționînd reciproc cu curenții din disc, dau naștere unei forțe necesare compensării frecării.

Dispozitive pentru evitarea mersului în gol al contorului. Compensatorul frecării, acționînd asupra discului contorului, poate provoca o slabă rotire a acestuia, chiar în lipsa sarcinii (mersul în gol al contorului). Pentru evi-

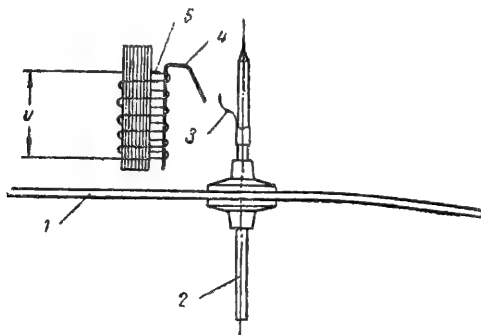


Fig. 7. Cîrlig de frînare.

tarea mersului în gol al contorului (situație care creează mari nemulțumiri consumatorilor), se folosesc mai multe procedee.

În fig. 7, se observă cum pe axul contorului 2, este fixat un cîrlig de frînare 3, denumit și steguleț (confec-

ţionat din sîrmă de oţel). În timpul rotirii discului *1*, cîrligul de frînare trece pe lîngă o limbă specială de oţel *4* fixată pe bobina de tensiune 5. În momentul în care cîrligul de frînare se găseşte în faţa limbii magnetizate, atracţia lor reciprocă este maximă şi poate fi astfel reglată, încît să împiedice mersul în gol al discului adică, în lipsa sarcinii, să oprească rotaţia discului, învingînd acţiunea compensatorului frecării.

Asupra acţiunii cîrligului de frînare şi indirect asupra sensibilităţii contorului, se poate acţiona, prin modificarea distanţei dintre cîrligul de frînare şi limba magnetizată, aceasta fie prin modificarea lungimii cîrligului, fie prin îndoirea limbii magnetice de oţel. În locul cîrligului de frînare, pentru evitarea mersului în gol, în discul contorului se execută un mic orificiu rotund, cu diametrul de circa 3 mm (la unele construcţii în disc sînt practicate două mici orificii). În momentul în care orificiul trece pe sub polul electromagnetului înfăşurării paralel, discul se opreşte (prin modificarea repartiţiei curenţilor induşi în disc de fluxul util). Procedeul de mai sus prezintă un dezavantaj esenţial, şi anume acela că nu permite reglajul sensibilităţii contorului; dacă micşorarea sensibilităţii poate fi realizată prin mărirea diametrului orificiului (prin strunjirea interioară a orificiului), mărirea sensibilităţii nu este în nici un fel posibilă.

O altă metodă pentru evitarea mersului în gol constă în folosirea pe disc a unei mici pete de vopsea, în compoziţia căreia intră fier, astfel încît, această vopsea fiind atrasă de magnetul permanent, discul — în lipsa curentului de sarcină — se opreşte. Sensibilitatea contorului poate fi mărită la nevoie, prin răzuirea unei părţi a acestei pete de vopsea.

Dispozitive pentru blocarea mersului înapoi al contorului. În toate cazurile în care este posibilă o schimbare de sens în circulaţia energiei electrice, se folosesc contoare electrice avînd libertatea de a funcţiona numai într-un singur sens, sensul normal, adică acela care corespunde sensului de rotaţie al discului contorului, in-

dicat de săgeată (contoare *cu mersul înapoi înfrînat*). Realizarea unor astfel de contoare este simplă, constînd în adaptarea la contoarele obişnuite a unui dispozitiv care poate fi confecţionat chiar într-un atelier simplu utilat şi care împiedică discul contorului de a se roti în sensul invers celui normal.

Există şi contoare special construite, la care discul se poate roti în ambele sensuri, dar la care mişcarea discului se transmite la rolele mecanismului de înregistrare numai în cazul în care sensul de rotaţie al discului corespunde sensului normal (contorul nu poate deci *deconta* dacă discul său se învîrteşte invers).

În cazurile în care circulaţia energiei în ambele sensuri este normală, se folosesc două contoare identice, dispozitivele de blocare şi schema de montaj permiţîndu-le acestora să funcţioneze într-un singur sens (unul invers faţă de celălalt), astfel încît să fie posibilă înregistrarea corectă a schimbului de energie în punctul respectiv, fiecare din cele două contoare înregistrînd numai energia ce a circulat în sensul libertăţii sale de funcţionare; în aceste cazuri este absolut indiferent dacă dispozitivul de blocare acţionează asupra discului sau asupra mecanismului de înregistrare, toate cele de mai sus fiind valabile atît pentru contoarele de energie electrică activă cît şi pentru contoarele de energie electrică reactivă.

În cazurile în care circulaţia energiei în sens contrar apare în mod accidental şi nedorit, şi, în consecinţă, sînt montate contoare numai pentru un singur sens de circulaţie a energiei, este preferabil să se folosească contoare la care discul să se poată roti liber în ambele sensuri, dispozitivul de blocaj acţionînd numai asupra mecanismului de înregistrare. Este cazul tipic al consumatorilor avînd baterii de condensatoare pentru ameliorarea artificială a factorului de putere, la care supracompensarea este interzisă şi la care rotirea inversă a discului contorului de energie electrică reactivă indică tocmai apariţia supracompensării (circulaţia energiei electrice reactive de la consumator către sistemul energetic).

1.3. Descrierea diferitelor tipuri de contoare de inducție

1.3.1. *Contoare trifazate pentru energie electrică activă*

Contoare cu trei elemente active. Aceste contoare, a căror funcționare se bazează pe metoda de măsurare a puterii cu trei vattmetre, se folosesc în instalațiile electrice de joasă tensiune dezechilibrate, *cu patru conductoare*.

Pe un ax comun sînt montate două sau trei discuri, asupra cărora acționează separat trei elemente active. Acțiunile acestor trei elemente se însumează datorită axei comune, astfel încît mecanismul de înregistrare



Fig. 8. Contor trifazat de energie electrică activă.

indică energia totală consumată. Fiecare element activ este format dintr-o bobină de tensiune și una de curent, conform celor arătate la descrierea contorului monofazat. Fiecare din cele trei bobine de tensiune este conectată între una din faze și conductorul neutru, iar fiecare din cele trei bobine de curent este străbătută de curentul corespunzînd unei faze (acelei faze, la care este conectată bobina de tensiune corespunzătoare elementului activ respectiv).

Contoare cu două elemente active. Aceste contoare, a căror funcționare se bazează pe metoda celor două wattmetre (schema lui Aaron), se folosesc în instalațiile trifazate fără conductor neutru (de regulă în instalațiile de înaltă tensiune). Cele două elemente active ale unui astfel de contor acționează fie separat asupra unui disc, ambele discuri fiind montate pe același ax, fie ambele asupra unui disc comun. În ambele cazuri, mecanismul de înregistrare indică energia totală consumată. Fiecare bobină de tensiune este conectată între una din fazele extreme și faza din mijloc, iar fiecare bobină de curent este străbătută de un curent corespunzînd celui al fazei extreme la care este conectată bobina de tensiune a elementului activ respectiv.

În fig. 8 se poate vedea un contor de energie electrică activă, cu trei elemente propulsoare, ce poate fi folosit în rețelele trifazate, în montaj direct.

1.3.2. *Contoare pentru energia electrică reactivă*

Contoare pentru măsurarea energiei electrice reactive în cazul curentului monofazat. Contoarele monofazate pentru măsurarea energiei electrice reactive se caracterizează printr-o construcție mai complicată de natură să modifice configurația conexiunilor interne al contorului. Datorită atît acestui fapt cît și faptului că determinarea consumului de energie electrică reactivă interesează practic numai pe consumatorii industriali alimentați cu energie electrică prin rețele trifazate, contoarele monofazate pentru energia reactivă sînt utilizate în cazuri foarte rare.

Contoare pentru măsurarea energiei electrice reactive în cazul curentului trifazat. Pentru măsurarea ener-

giei electrice reactive în rețelele trifazate se folosesc, pe lîngă contoarele obișnuite pentru măsurarea energiei electrice active adaptate prin modificarea schemei de legătură a circuitelor lor (autotransformatoare, rezistențe adiționale etc.), și contoare special construite, destinate numai măsurării energiei reactive. Modificările însă nu pot fi făcute decît în laboratoare speciale și necesită reetalonare.

Prin diferite construcții întîlnite (de pildă contorul cu două elemente active cu înfășurări serie divizate, cu folosirea a trei curenți sau a doi cureți, contorul cu două elemente și defazare la 60° etc.), se realizează între ten-

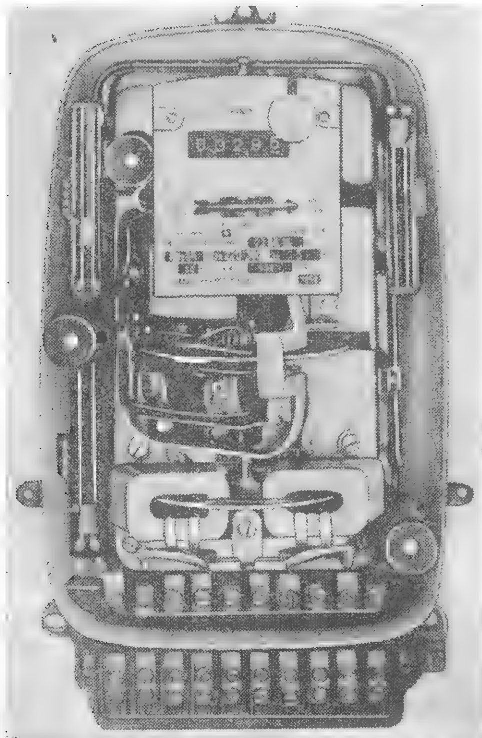


Fig. 9. Contor trifazat de energie electrică reactivă (cu capacele scoase).

siune și fluxul produs de către bobina de tensiune, un unghi de defazaj avînd o valoare de 0° în loc de 90°.

Contoarele speciale pentru măsurarea energiei electrice reactive în rețelele trifazate sînt variante ale contorului monofazat pentru energia electrică reactivă și se construiesc cu două sau cu trei elemente propulsoare.

În circuitele trifazate, unde cele trei tensiuni sînt decalate între ele cu 120°, se poate obține cu ușurință tensiunea auxiliară necesară pentru determinarea energiei electrice reactive. Acest fapt ușurează considerabil construcția contoarelor de energie electrică reactivă, metoda fiind foarte răspîndită în practică. Modul de conectare al acestor contoare va fi arătat în capitolul special destinat schemelor de montaj ale contoarelor electrice.

În fig. 9 se poate vedea un contor trifazat de energie electrică reactivă, cu trei elemente propulsoare, ce poate fi folosit în rețelele trifazate, atît în montaj direct cît și în montaj semidirect (v. subcap. 1.4).

1.3.3. *Contoare pentru tarif multiplu*

Contoarele cele mai des folosite din această categorie sînt cele pentru dublu tarif, pe care le întîlnim atît în execuție monofazată cît și în execuție trifazată (fig. 10).

Schema de principiu a unui mecanism de înregistrare pentru dublu tarif rezultă din fig. 11. Aceste contoare se folosesc practic numai pentru energia electrică activă (cele pentru energia electrică reactivă, se întîlnesc extrem de rar) și diferă de contoarele obișnuite numai prin construcția mecanismului de înregistrare, prevăzut cu două serii de role cu cifre *1* și *2*, care nu funcționează în același timp, ci pe rînd, conform poziției ocupate de axul *3*, ce transmite mișcarea la o serie sau alta de role; acest ax poate ocupa una din cele două poziții posibile, sub influența unui electromagnet special *4*, al cărui întrerupător de acționare este comandat de către un ceas special de comutare.

Agregatul de măsură (contor-ceas de comutare) se reglează după dorință, în așa fel ca, în funcție de necesitățile impuse de alura curbei de sarcină a sistemului energetic și legiferate prin prevederile tarifare în vi-

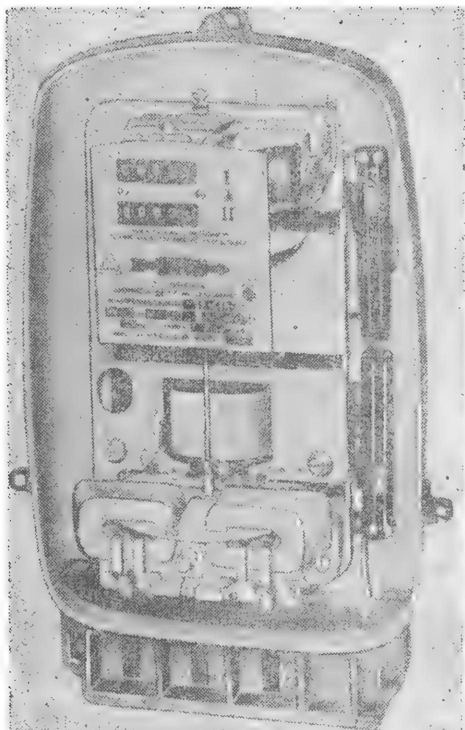


Fig. 10. Contor pentru dublu tarif „cu două cadrane“, pentru energia electrică reactivă.

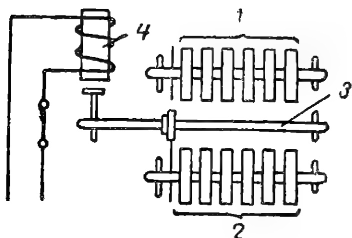


Fig. 11. Schemă de principiu a contorului pentru dublu tarif, pentru energie electrică activă:

1 şi *2* — cele două serii de role;
3 — ax de acţionare a rolelor;
4 — electromagnet sub influenţa căruia se mişcă axul;

goare, un sistem de role să înregistreze energia consumată între anumite ore ale zilei (de pildă numai în timpul orelor de vîrf de seară sau numai în timpul orelor golului de noapte), iar cel de-al doilea sistem de role să înregistreze energia consumată în restul orelor.

În mod obişnuit, contoarele pentru dublu tarif sînt prevăzute cu o mică săgeată care, în orice moment, este îndreptată către sistemul de role în funcţiune în momentul respectiv (zeigerul).

1.3.4. *Contoare cu indicator de maxim*

Contorul cu indicator de maxim are, în afară de mecanismul obişnuit de înregistrare a energiei, şi un dispozitiv special — indicatorul de maxim — care permite determinarea celei mai mari puteri medii pentru o anumită perioadă de înregistrare (de regulă de 15 min), absorbită (debitată) în intervalul de timp dintre două aduceri consecutive ale indicatorului de maxim respectiv la poziţia zero *(dări la zero).*

Funcţionarea indicatorului de maxim rezultă din însăşi schema construcţiei sale (fig. 12). Rotiţa dinţată *1*, care se găseşte în permanenţă cuplată, printr-un sistem de angrenaje, cu axul contorului, ocupă în orice moment una din cele două poziţii posibile, după cum pîrghia *2* — la capătul căreia ea este fixată şi care are o posibilitate de rotire în jurul axei *3*, la care este fixat cel de-al doilea capăt — se găseşte fie sub influenţa resortului *4*, fie sub influenţa electromagnetului, *5* cînd forţa de atracţie învinge tensiunea resortului *4*.

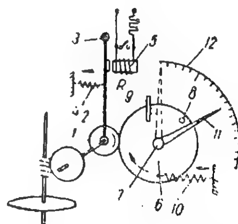


Fig. 12. Schemă de principiu a unui indicator de maxim.

Rotiţa dinţată *6* se învîrteşte liber pe axul *7*, angrenîndu-se cu rotita dinţată *1* în tot timpul în care pîrghia *2* se găseşte sub influenţa electromagnetului *5*, revenind automat la poziţia de repaus cînd ştiftul *8* atinge opritorul *9*, de îndată ce angrenarea dispare, iar roata dinţată *6* se găseste exclusiv sub influenţa resortului *10*.

În jurul aceluiași ax *7* se poate roti și acul indicator *11*, care este condus de către știftul *8* și care, datorită faptului că se rotește cu o ușoară frecare, rămîne fixat la poziția corespunzînd deplasării maxime a știftului *8* care, de cele mai multe ori, este realizat sub forma unui ac indicator *conducător*, mai mic ca lungime decît acul indicator *condus 11*, care este acul indicator propriu-zis și care se rotește în fața cadranului divizat *12*.

Acul indicator *11* poate fi adus la poziția inițială (poziție punctată), adică *dat la zero*, numai prin acționarea unui dispozitiv care se poate sigila și care se află fixat la capătul axului său de rotație.

Electromagnetul se află conectat (deci roțile dințate *1* și *6* se află angrenate) o perioadă de 15 min, după care electromagnetul este deconectat pentru o perioadă de timp de ordinul cîtorva secunde, timp în care rotița dințată *6* revine sub acțiunea resortului *10* la poziția de repaus (cu știftul *8*, atingînd opritorul *9*), iar apoi ciclul se repetă. Comanda de deconectare a electromagnetului 5 este dată de ceasul de contact, care în construcțiile obișnuite nu face corp comun cu contorul cu indicator de maxim. Deviația maximă a acului indicator este astfel proporțională cu cea mai mare putere medie de 15 min ce a fost absorbită prin contorul respectiv în intervalul dintre două aduceri la poziția zero a indicatorului de maxim respectiv.

Deși în România se folosesc exclusiv contoare cu indicator de maxim avînd o perioadă de înregistrare de 15 min, există și contoare cu indicator de maxim a căror perioadă de înregistrare poate fi alta (30 min de pildă și mai mult); de cele mai multe ori, prin modificări minime ale unor anumite piese (sau înlocuirea lor), perioada de înregistrare poate fi modificată în anumite limite și trepte.

Se construiesc contoare *cu un singur cadran* (mecanism de înregistrare) și un singur indicator de maxim, cum și *cu două cadrane* (indexuri) și un singur indicator de maxim; cele mai răspîndite sînt contoarele cu dublu cadran (cu două indexuri) și dublu indicator de maxim (fig. 13).

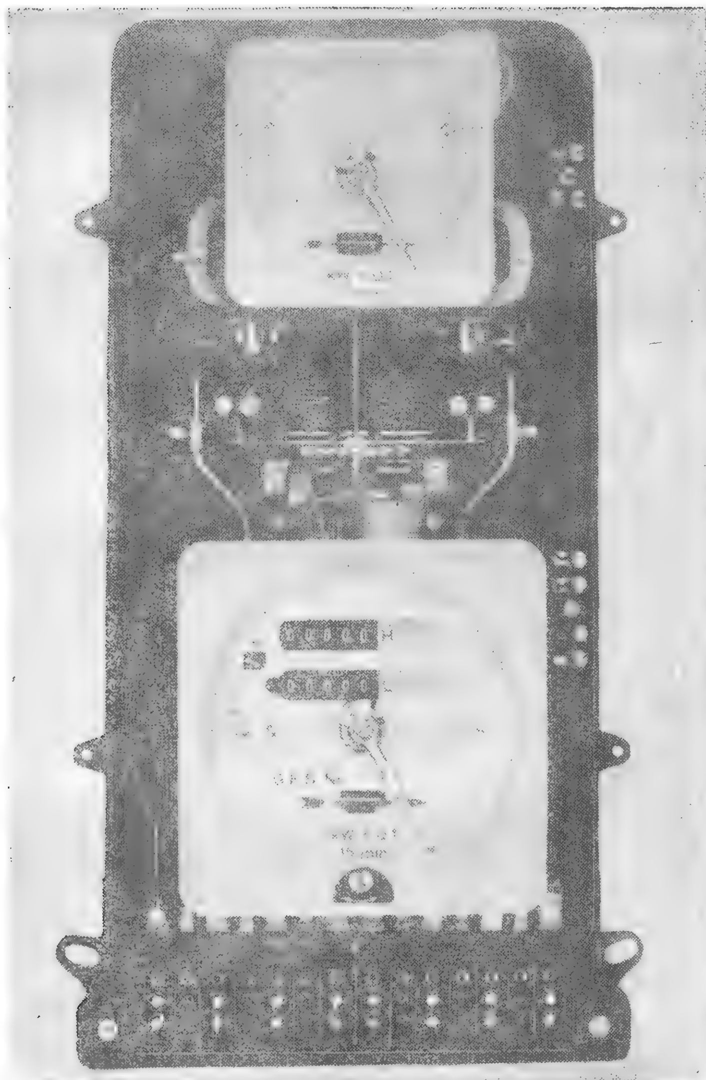


Fig. 13. Contor „cu dublu cadran și dublu indicator de maxim".

În fig. 14 este reprezentat cadranul unui indicator de maxim. Se disting: indexul contorului *1*, acul conducător *2*, acul condus *3*, scara gradată și orificiul (sub formă de săgeată) prin care se poate vedea discul contorului).

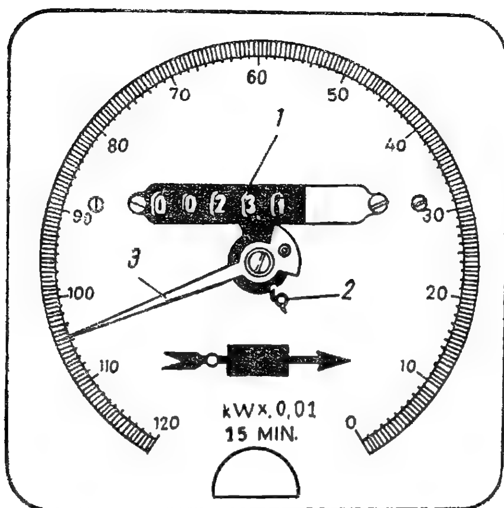


Fig. 14. Cadranul unui indicator de maxim.

1.3.5. Contoare totalizatoare (însumatoare)

La consumatorii alimentați cu energie electrică prin mai multe racorduri, determinarea energiei totale consumate se face destul de simplu, prin însumarea energiilor indicate de agregatele de măsură montate pe fiecare racord, operație posibilă chiar în cazul în care interesează consumul de energie electrică diferențiat pe mai multe perioade ale zilei (de obicei pe două perioade ale zilei).

În privința determinării puterii maxime absorbite apar însă dificultăți serioase, datorită faptului că puterile medii maxime indicate de către indicatoarele de maxim montate pe fiecare racord pot să nu fie simultane (și nu sînt în mod normal simultane). Din acest motiv a apărut ne-

cesitatea construirii contoarelor cu indicator de maxim totalizatoare sau însumatoare, care permit determinarea exactă a puterii maxime absorbite de un consumator alimentat cu energie electrică prin mai multe racorduri,

Un contor totalizator este prevăzut cu cîte un cadran și un indicator de maxim pentru fiecare alimentare (cadranele și indicatoarele de maxim extreme) și cu două cadrane și două indicatoare de maxim (cele centrale) care se referă la întregul consum, diferențiat pe două perioade ale zilei. În fig. 15 este reprezentat un astfel de contor totalizator.

În alte construcții, contorul totalizator este prevăzut cu șase cadrane și șase indicatoare de maxim, cîte două pentru fiecare alimentare (cele extreme), și cîte două pentru întregul consum (cele centrale), astfel încît, atît puterile cît și energiile sînt diferențiate pe două perioade ale zilei, atît pentru fiecare alimentare cît și pentru total.

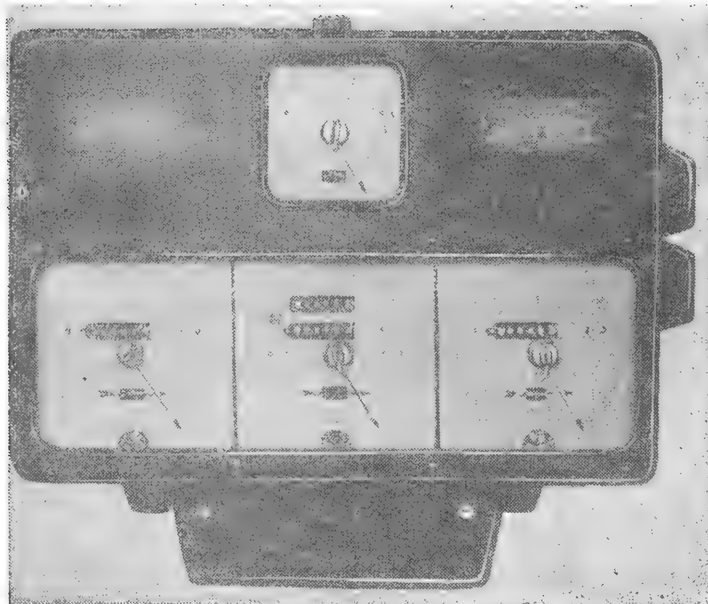


Fig. 15. Contor totalizator.

Folosirea acestui aparat este condiționată de:

— o distanță acceptabilă între cele două alimentări (pentru a nu fi necesare circuite secundare mai lungi decît cele admise);

— folosirea unor transformatoare de măsură avînd riguros aceleași caracteristici pentru fiecare din cele două alimentări (în caz contrar ar fi necesară folosirea unor aparate special comandate, al căror mecanism de ceasornicărie ar fi calculat exact ținînd cont de valorile reale ale transformatoarelor de măsură, pe cele două alimentări, soluție care practic nu se întîlnește, deoarece schimbarea caracteristicilor transformatoarelor de curent sau de tensiune pe una sau pe ambele alimentări ar face contorul inutilizabil).

1.3.6. *Contoare de suprasarcină*

Contoarele de suprasarcină, de vîrf sau de surplusuri, cunoscute și sub numele de *contoare de depășire* sau *pentru energie depășită*, nu se mai folosesc ca atare în România, în actuala reglementare tarifară. Prezentarea lor în lucrarea de față este justificată de faptul că acest tip de contor este încă întîlnit în exploatare, fiind folosit drept contor cu simplu cadran.

Un astfel de contor este prevăzut cu două cadrane (două sisteme de role cu cifre), unul măsurînd energia totală consumată, iar cel de-al doilea măsurînd numai acea parte din energia totală, consumată la puteri ce depășesc o anumită valoare la care a fost reglat contorul (în limitele sale de reglaj). La acest contor, energiile indicate de cele două cadrane nu se însumează niciodată. În exploatare, astfel de contoare se mai întîlnesc la noi, fofolsindu-se numai indexul pentru consumația totală și, pentru evitarea oricăror confuzii (există tentație de a se confunda cu un contor *cu dublu cadran)*, se obișnuiește să se acopere cu vopsea opacă geamul cadranului ce indică energia consumată cu puteri *depășite*.

1.3.7. *Contorul cu plată prealabilă*

În țara noastră acest contor a fost folosit numai în mod experimental. El permite alimentarea cu energie electrică numai după introducerea unei monede în contor, bineînțeles putîndu-se introduce o dată mai multe monede (de obicei pînă la 99 de bucăți). Avantajul pentru întreprinderea furnizoare al folosirii acestui tip de contor constă pe de o parte în aceea că numai după efectuarea plății consumatorul poate beneficia de energia electrică, iar pe de altă parte permite reducerea personalului necesar pentru efectuarea citirilor și emiterea chitanțelor. Deși folosirea contorului cu plată prealabilă ar fi avantajoasă pentru cazul consumatorilor depărtați de sediul întreprinderii și ar elimina litigiile ce apar în urma schimbărilor neanunțate ale locatarilor, el nu s-a putut extinde datorită execuției sale mai complicate și datorită greutăților ce apar la schimbarea monedei sau la modificarea prețului energiei electrice (folosirea unor monede speciale ar da posibilitatea falsificării lor).

1.3.8. *Ceasuri de comutare și contact*

Prin *ceas de comutare* se înțelege aparatul care transmite unui contor, prevăzut cu sisteme de înregistrare diferențiate pentru diferitele perioade ale zilei, comanda de comutare de pe un sistem de înregistrare pe altul, la orele stabilite.

Ceasul de contact este aparatul care, din sfert în sfert de oră, întrerupe pentru cîteva secunde alimentarea electromagnetului, servind la angrenarea indicatorului de maxim cu axul discului contorului.

În mod obișnuit, ambele funcții sînt contopite într-un singur aparat, cunoscut sub numele de *ceas de comutare și contact* (fig. 16).

Se menționează că, pentru contoarele cu dublu cadran fără indicator de maxim, se folosesc aparate avînd doar rolul de ceasuri de comutare.

Este de remarcat că, pentru ca funcționarea ceasurilor de comutare și contact să nu fie influențată de eventuala întrerupere a tensiunii sau de variațiile acesteia, acțio-

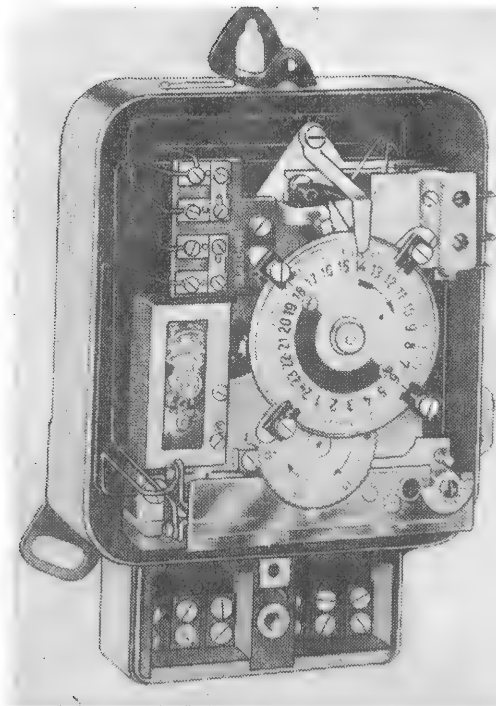


Fig. 16. Ceas de comutare și contact.

narea mecanismului se face cu arc (numai remontarea făcîndu-se automat, cu ajutorul unui mic motor electric; grație arcului, ceasul poate funcționa chiar în lipsa tensiunii, maximum 48 h).

După cum se vede din fig. 16, ceasurile de comutare și contact nu au ace obișnuite ci sînt prevăzute cu un cadran (împărțit în 24 de diviziuni corespunzătoare celor 24 h ale unei zile, numerotate) care se rotește, ora exactă fiind arătată de un ac fix. Comutarea la orele dorite este realizată cu ajutorul așa-numiților *călăreți* care, prin intermediul unor piese speciale, sînt solidarizați cu cadranul (prin înșurubare), în dreptul orelor care interesează. La același ceas de comutare și contact există că-

lăreți de mai multe forme, după operația pe care fiecare o are de executat.

Prin construcția lor, ceasurile de comutare și contact moderne permit o astfel de reglare încît în cea de-a șaptea zi a săptămînii (ziua de odihnă) să se funcționeze în permanență cu tariful cel mai scăzut, nemaifăcîndu-se comutările obișnuite din zilele de lucru. În felul acesta se permite aplicarea unui tarif mai stimulativ pentru marii consumatori industriali, care pot funcționa mai rațional din punctul de vedere al sistemului energetic, fără a mai fi necesare două deplasări săptămînale ale personalului de exploatare a agregatelor de măsură ale întreprinderii furnizoare de energie electrică, la consumatorii care doresc să lucreze în ziua de odihnă, în vederea reglării ceasului de comutare și contact.

1.3.9. *Maxigraful*

Un astfel de aparat funcționează după principiul indicatorului de maxim, înscriind pe o diagramă puterile medii realizate la finele anumitor intervale de timp egale, de obicei 15 min.

Diagrama este trasată pe o hîrtie specială (hîrtie cu barit), cu ajutorul unei *penițe* speciale terminate cu un vîrf de argint, și este formată dintr-o serie de linii paralele echidistante, cîte una pentru fiecare sfert de oră, lungimea fiecărei linii fiind proporțională cu puterea medie din sfertul de oră respectiv.

1.3.10. *Fotomaxul*

Este un tip de aparat care permite fotografierea pe hîrtie de film, la anumite intervale de timp, a indexului unui contor. În general se face cîte o fotografie pe oră, aparatul fiind dotat cu un sistem de iluminare propriu, ce funcționează automat numai în momentul fotografierii.

Aparatul prezintă avantajul că se pot obține un anumit interval de timp citiri orare corecte ale unui contor (cînd există dubii asupra calității citirilor de pildă), însă prezintă inconvenientul unor operații destul de laborioa-

se: control zilnic, developare, citirea negativului cu oglinda, efectuarea diferențelor dintre indexuri, transformarea acestor diferențe în energii (puteri medii) prin înmulțirea lor cu constanta rezultantă a contorului.

1.3.11. *Contoare de pierderi*

Cînd la un consumator, măsurarea energiei furnizate la tensiune înaltă se face pe partea de joasă tensiune, este necesară cunoașterea energiei pierdute în transformatorul de putere și eventual în linia de distribuție, pentru a o adăuga la aceea măsurată de contoare. Aceste pierderi sînt de două feluri:

Pierderi proporționale cu pătratul curentului:

— pierderi active, datorite rezistenței liniei și înfășurărilor transformatorului;

— pierderi reactive, datorite reactanței de scăpări a transformatorului.

Pierderi proporționale cu pătratul tensiunii:

— pierderi active în fierul transformatorului;

— pierderi reactive, datorite inductanței totale a transformatorului.

Două contoare indicînd în același timp unul valori proporționale cu pătratul curentului ($I^2 Cx$) și altul cu pătratul tensiunii ($U^2 Cx$) permit să se determine atît pierderile active cît și pierderile reactive.

Contoarele de pierderi se execută pentru simplu, dublu sau triplu tarif.

În fig. 17 este reprezentat un contor de pierderi $U^2 Cx$ pentru triplu tarif, fabricat de Compagnie des Compteurs.

1.3.12. *Contoare etalon*

Contoarele etalon (fig. 18) sînt aparate speciale, servind la verificarea contoarelor obișnuite, în laboratoare sau la locul de montaj. O execuție cît se poate de îngrijită face ca aceste contoare să funcționeze cu erori foarte mici.

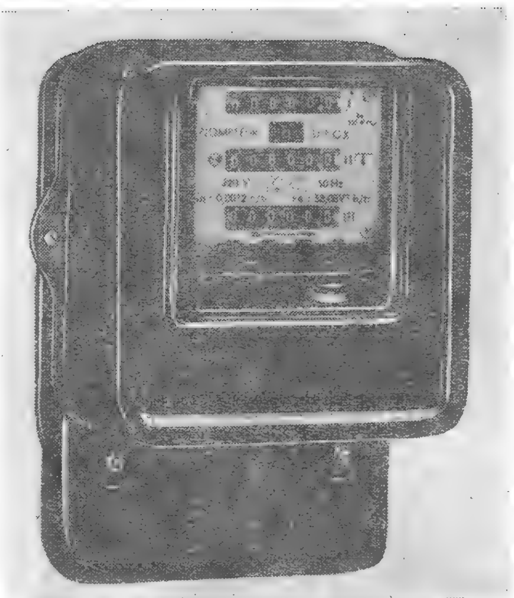


Fig. 17. Contor de pierderi.

Fig. 18. Contor etalon.

Mecanismul de înregistrare al contorului etalon este prevăzut nu cu role cu cifre, ci cu ace indicatoare (fig. 19) care se rotesc ţinînd cont de diferitele raporturi de demultiplicare ale mecanismului de ceasornicărie — pro-

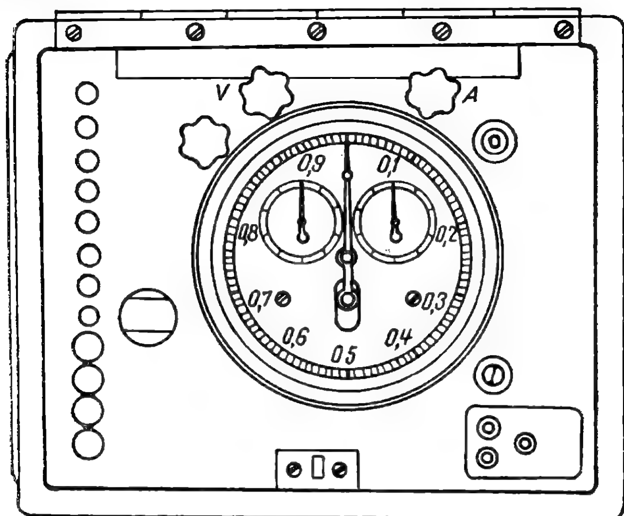


Fig. 19. Vederea de sus a contorului.

porţional cu numărul de rotaţii ale discului contorului etalon.

Contoarele etalon se fabrică pentru mai multe tensiuni uzuale, pentru mai multe sensibilităţi, cum şi pentru mai multe domenii de utilizare, spre a putea fi folosite la sarcini cît mai apropiate de sarcina nominală pentru care erorile sînt minime.

Fiind construite de cele mai multe ori pentru a fi folosite ca aparate portative, contoarele etalon sînt introduse în cutii speciale, adecvate acestui scop.

1.4. Clasificarea diferitelor tipuri de contoare de inducţie

Contoarele electrice de inducţie se clasifică ţinînd cont de criteriile enumerate mai jos.

După felul energiei electrice măsurate:
— contoare pentru energie electrică activă;
— contoare pentru energie electrică reactivă.
După felul curentului electric măsurat:
— contoare pentru curent monofazat;
— contoare pentru curent trifazat.
După felul legării la rețea:
— contoare cu legare directă;
— contoare cu legare semidirectă (prin intermediul transformatoarelor de curent;
— contoare cu legare indirectă (prin intermediul atît al transformartoarelor de curent cît și al transformatoarelor de tensiune).
După numărul conductoarelor rețelei:
— contoare pentru rețele monofazice cu două conductoare;
— contoare pentru rețele trifazice cu trei conductoare;
— contoare pentru rețele trifazate cu patru conductoare.
După numărul elementelor active:
— contoare cu un singur echipaj mobil (contoare monofazate);
— contoare cu două echipaje mobile (contoare trifazate cu două echipaje mobile);
— contoare cu trei echipaje mobile (contoare trifazate cu trei echipaje mobile).
După raportul dintre curentul de bază și curentul maxim:
— contoare cu capacitatea nominală de încărcare (pînă la 125% din curentul de bază);
— contoare cu capacitatea mare de încărcare (peste 125% din curentul de bază).
După clasa de precizie
După tensiunea nominală
După curentul nominal
După numărul alimentărilor cu energie electrică pentru care este realizat contorul;
— contor pentru o singură alimentare;
— contor pentru două alimentări;
— contor pentru mai multe alimentări.

După sistemul tarifar pentru care a fost construit contorul (după numărul și felul mecanismelor de înregistrare):

— contor pentru simplu tarif, cu un singur mecanism de înregistrare;

— contor pentru dublu tarif, cu două mecanisme de înregistrare;

— contor pentru triplu tarif, cu trei mecanisme de înregistrare;

— contor pentru simplu tarif, cu un singur indicator de putere medie maximă;

— contor pentru dublu tarif, cu un singur indicator de putere medie maximă;

— contor pentru dublu tarif, cu două indicatoare de putere medie maximă etc.

1.4.1. *Tipuri de contoare fabricate în România*

În țara noastră se fabrică următoarele tipuri de contoare:

— contor monofazat pentru energie electrică activă, tip C.A.M.;

— contor tip CA 32, pentru energie electrică activă, pentru trei conductoare, cu două echipaje mobile;

— contor tip CR 32, pentru energie electrică reactivă, pentru trei conductoare, cu două echipaje mobile;

— contor tip CR 33, pentru energie electrică reactivă, pentru trei conductoare, cu trei echipaje mobile;

— contor tip CA 43, pentru energie electrică activă, pentru patru conductoare, cu trei echipaje mobile;

— contor tip CR 43, pentru energie electrică reactivă, pentru patru conductoare, cu trei echipaje mobile.

Schemele de montaj ale contoarelor respective sînt indicate în cap. 4.

1.5. **Noutăți în fabricarea contoarelor electrice**

Progresul tehnic a adus o serie întreagă de îmbunătățiri și în fabricarea contoarelor electrice, atît din punctul de vedere al materialelor folosite cît și din punctul de ve-

dere al principiilor funcționale sau constructive. O parte din aceste îmbunătățiri s-au impus definitiv în tehnica mondială, înlocuind parțial sau total vechile sisteme.

Ca o caracteristică a noilor fabricate apare în primul rînd extinderea folosirii materialelor plastice și a dispozitivelor electronice. Fără a se intra în detalii, care interesează un număr restrîns de specialiști constructori de contoare, atrag în primul rînd atenția realizările indicate în cele ce urmează.

Materialele plastice folosite în construcția contoarelor au condus la modificarea unor tehnologii nu numai de fabricație ci chiar de întreținere (de pildă, unele piese nu mai trebuie vopsite periodic), la economisirea unor materiale deficitare și la modificări ale prețului de cost.

Bornele prevăzute cu contacte elastice au mărit siguranța în funcționare în cazul folosirii conductoarelor de aluminiu (care au căpătat o răspîndire din ce în ce mai mare, tinzînd să înlocuiască aproape total conductoarele de cupru), deoarece bornele clasice s-au dovedit necorespunzătoare; fiind rigide, ele se slăbeau cu timpul, neputînd urmări deformările plastice ale conductoarelor de aluminiu, apărute ca urmare a modificărilor temperaturii, provocate de variațiile de sarcină.

Contoarele de suprasarcini au devenit necesare ca urmare a măririi gamei de aparate electrocasnice. Folosirea în gospodării a unor receptoare absorbind puteri relativ mari (de ordinul cîtorva kilowați) a condus la apariția unor curbe de consum casnic cu importante variații în timp, astfel încît contoarele dimensionate la sarcina solicitată de consumatori funcționau o mare parte din timp cu sarcini foarte reduse, ceea ce atrăgea micșorarea preciziei determinărilor. Folosirea unor contoare care pot suporta suprasarcini de 300—600% elimină neajunsul de mai sus. Astfel, de pildă, contorul monofazat de 10/40 A (deci prevăzut pentru o suprasarcină de 300%), fabricat în România la uzina Electromagnetica, funcționează la sarcini mici cu precizia unui contor de 10 A, putînd fi însă încărcat pînă la o sarcină de 40 A, fără suprasolicitarea sa.

Lagărele cu suspensie magnetică au condus la micşorarea frecărilor în lagăre şi implicit la reducerea uzurilor, la diminuarea consumului de energie şi la sporirea preciziei, ceea ce, evident, a reprezentat un real progres în fabricarea contoarelor.

Automatizarea etalonării contoarelor electrice a condus nu numai la uşurarea unei operaţii obositoare, dar şi la micşorarea posibilităţilor de a se săvîrşi erori. Aplicarea noilor metode de verificare şi etalonare a contoarelor impune ca discurile acestora să fie zimţate sau gradate, mărcile respective fiind palpate cu ajutorul unei sonde fotoelectrice. Rotaţiile discului contorului de verificat, respectiv impulsurile obţinute prin intermediul dispozitivului de sondare, sînt comparate cu impulsurile obţinute în mod analog de la un contor etalon de mare precizie (contorul pilot).

În cazul etalonărilor individuale, folosindu-se un traductor de impulsuri cu dispozitive electronice suplimentare, se poate obţine într-un timp record indicarea erorii, direct în promili (‰), numeric, prin tuburi luminiscente.

Metoda stroboscopică de verificare şi reglare a contoarelor electrice constă în sondarea fotoelectrică a diviziunilor stroboscopice ale unui contor etalon şi transmiterea frecvenţei de referinţă a luminii cu o lampă pentru lumină-fulger, asupra mărcilor contorului de încercat. La aceeaşi viteză unghiulară a celor două discuri (al contorului etalon şi al contorului de încercat), diviziunea pare a sta pe loc. Diferenţa celor două viteze unghiulare dă pentru ochi o iluzie optică a diviziunii stroboscopice, din care se poate aprecia, cu oarecare aproximaţie, valoarea erorii. Metoda stroboscopică de reglare a contoarelor electrice este foarte expeditivă, se poate aplica numai la sarcini mai mari de 50% din sarcina nominală a unui contor (efectul stroboscopic depinde de inerţia ochiului omenesc şi nu apare decît la o frecvenţă destul de mare, peste 18—20/s); această metodă nu este însă exactă, iar lumina sclipitoare oboseşte ochii verificatorului.

Contoarele teletotalizatoare cu impulsuri permit înregistrarea automată centralizată a energiilor măsurate în diferitele puncte de consum. Un astfel de sistem de măsurare constă din mai multe contoare de emisie (cîte unul pentru fiecare loc de măsurare, amplasat de regulă în imediata vecinătate a transformatoarelor de măsură), un aparat totalizator receptor de impulsuri și conductoarele prin intermediul cărora o serie de impulsuri sînt transmise de la contoarele de emisie la aparatul totalizator. Această înregistrare la distanță (telemăsurare) este posibilă datorită unor dispozitive special construite pentru acest scop.

Contoarele teletotalizatoare receptoare de impulsuri pot să înregistreze indicațiile contoarelor electrice amplasate la distanță și prevăzute fiecare cu cîte un dispozitiv emițător de impulsuri, să indice pe un index totalizator general suma algebrică a termenilor totalizați mecanic (prin intermediul unor mecanisme prevăzute cu sisteme diferențiale) și, eventual, să retransmită la distanță, altui aparat receptor de impulsuri, indicațiile totalizatorului general (în acest caz, însuși aparatul totalizator este prevăzut și cu un dispozitiv emițător de impulsuri). Impulsurile sînt emise de către un dispozitiv cu contacte, plasat în fiecare din contoarele ale căror indicații trebuie totalizate. Impulsurile emise de fiecare contor de emisie provoacă o rotație determinată a unui mic motor electric care, prin intermediul unor angrenaje, acționează totalizatorul general. La unele tipuri de contoare teletotalizatoare, în contoarele de emisie montate în punctul de consum au fost introduse dispozitive electronice speciale, traductoare de impulsuri, care să creeze informațiile necesare transmiterii la distanță (firma elvețiană Landis și Gyr, de pildă, folosește mecanisme de sondare și conectare comandate electronic).

Datele transmise sub formă de impulsuri de către dispozitivele încorporate în contoarele de emisie sînt recepționate de către contorul totalizator, care — ca principiu de funcționare — nu are nimic comun cu un contor electric, și sînt redate atît separat, prin cîte un

index corespunzînd fiecărui contor de emisie, cît și însumat algebric, prin index totalizator.

Contoarele teletotalizatoare se construiesc de regulă pentru 2, 4, 6, 8 sau 12 intrări (pentru fiecare corespunzînd cîte un contor de emisie), pentru simplu, dublu sau triplu tarif și eventual cu un indicator de maxim.

În lipsa unor indicații speciale, cînd distanța dintre oricare contor emițător de impulsuri și aparatul totalizator este mai mare de 100 m, se recomandă să fie consultată firma constructoare.

În fig. 20 este reprezentat un contor teletotalizator tip TMS pentru patru intrări, fabricat de firma franceză Compagnie des Compteurs, iar în fig. 21 este reprezentat un contor teletotalizator tip CA pentru opt intrări, produs de firma elvețiană Landis și Gyr. La ambele tipuri se observă că indexul totalizator este amplasat de-

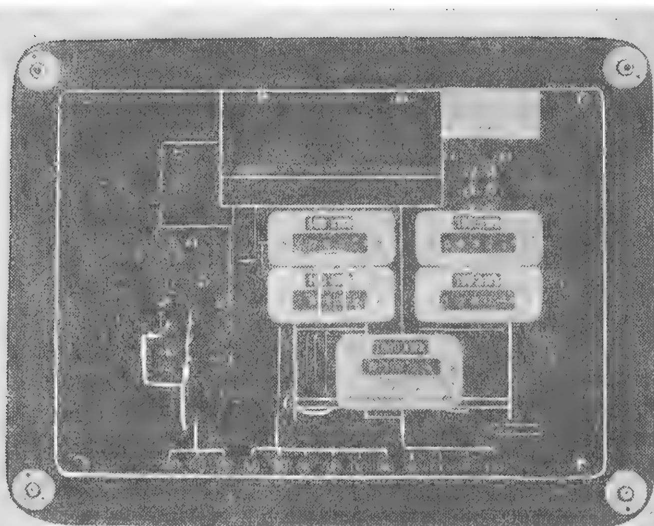


Fig. 20. Teletotalizator TMS pentru patru contoare, cu retransmițător.

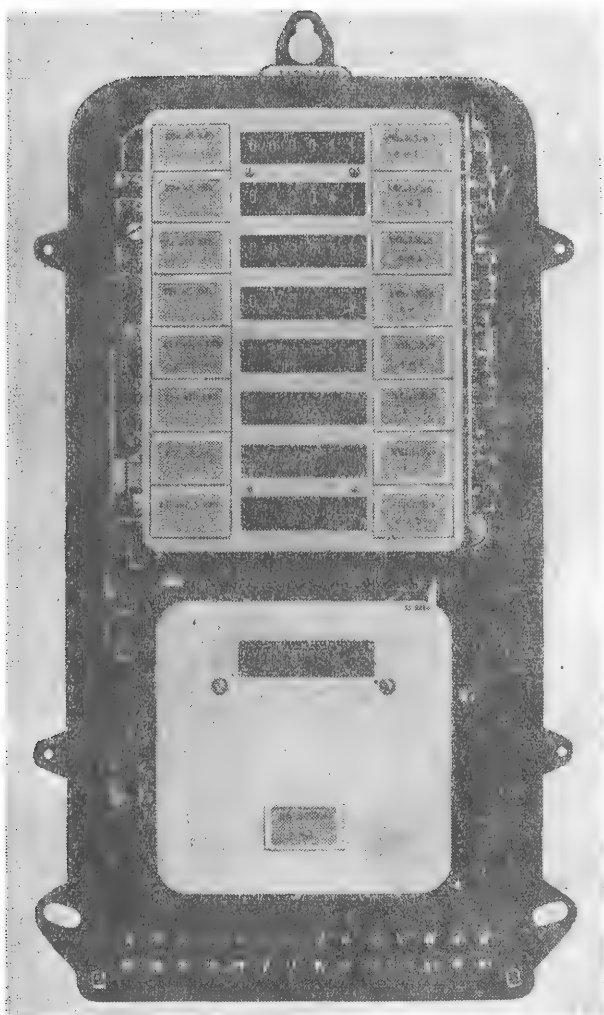


Fig. 21. Teletotalizator tip CA pentru opt intrări.

desubtul indexurilor corespunzînd contoarelor emițătoare de impulsuri.

Pentru a se determina și puterile medii necesare aplicării tarifelor binome, au fost construite contoare teleimprimatoare care tind să înlocuiască atît contoarele obișnuite, cu unul sau mai multe indicatoare de maxim, cît și maxigrafele clasice. Astfel de aparate, acționate de impulsurile transmise de un contor emițător de impulsuri (eventual de un teletotalizator prevăzut cu retransmițător de impulsuri), imprimă pe o bandă de hîrtie, la intervale egale de timp (obișnuit 15 min), puterile medii absorbite în respectivele intervale de timp.

Puterile medii sînt indicate sub formă cifrică (mecanism de imprimare simplu); de cele mai multe ori însă, aparatele sînt prevăzute cu mecanism de imprimare dublu, la care, în paralel cu imprimarea cifrică, apare și a doua imprimare (prin intermediul unei benzi ca aceea de la mașina de scris). Aceasta din urmă se execută astfel:

— sub formă de diagramă punctiformă, pentru găsirea cu ușurință a valorilor maxime;

— sub formă cifrică, identică cu prima, duplicatul respectiv servind pentru scoaterea și prelucrarea zilnică a benzii de înregistrare (sau pentru predarea unui exemplar consumatorului);

— sub formă codificată, pentru prelucrarea mecanică a datelor măsurate.

La cerere, teleimprimatorul poate fi înzestrat cu diferite dispozitive suplimentare, cum sînt:

— două indexuri în loc de unul (pentru dublu tarif);

— indicator de maxim;

— releu pentru schimbarea culorii (se folosesc în acest caz benzi în două culori, imprimarea făcîndu-se de pildă în roșu pentru perioada orelor de vîrf de sarcină și în negru pentru restul timpului);

— dispozitiv de încălzire pentru protecția împotriva frigului și umidității;

— cuțit longitudinal pentru tăierea benzii de înregistrare și cuțit transversal, comandat prin releu, pentru tăierea duplicatului;

— contact de semnalizare a unei eventuale depășiri a sarcinii maxime stabilite.

Fig. 22. Teleimprimator Maxiprint NAD.

În fig. 22 şi 23 sînt reprezentate două teleimprimatoare: primul, tip Maxiprint NAD, produs al firmei Landis şi Gyr, cel de-al doilea, Scriptomax model B, produsul firmei Compagnie des Compteurs.

O altă realizare interesantă o reprezintă aparatul *TRIVECTOR* (fabricat de firma Landis şi Gyr), care se compune dintr-un contor de energie electrică activă şi unul de energie electrică reactivă, introduse într-o carcasă comună şi reunite între ele printr-un mecanism special, ceea ce permite ca primul index să indice energia electrică activă, cel de-al doilea energia electrică reactivă şi cel de-al treilea, energia electrică aparentă. Marele avantaj al acestui aparat constă în faptul că, fiind dotat cu un index indicînd energia electrică

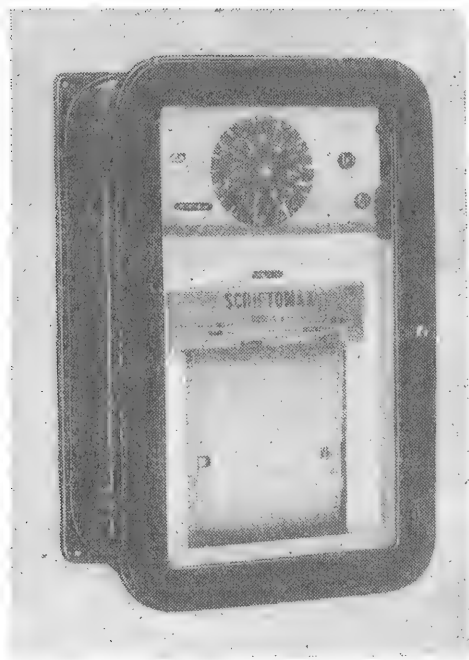


Fig. 23. Teleimprimator Scriptomax model B.

aparentă, permite determinarea foarte rapidă a valorii factorului de putere mediu ponderat (se împarte energia activă la energia aparentă, fiecare înregistrată în intervalul de timp considerat, pe cadranul corespunzător). Aparatul TRIVECTOR este prevăzut cu trei indicatoare de maxim (putere activă, putere reactivă și putere aparentă), putînd fi executat și pentru două valori de referință, înregistrînd atît energiile (active, reactive și aparente) cît și puterile medii și maxime (active, reactive și aparente), separat, pentru fiecare din cele două perioade tarifare. Oricare din elementele aparatului TRIVECTOR, poate fi prevăzut cu cîte un dispozitiv emițător de impulsuri, care acționează la distanță (telecontoare simple sau înregistratoare, de genul celor amintite. Aparatul se livrează și în execuție portabilă, prevăzut cu un comutator care permite utilizarea sa la diferite tensiuni.

Un prim avantaj al telemăsurării constă în aceea că datele mai multor puncte de măsură (energii și puteri medii) pot fi obținute centralizat la distanță, ceea ce este foarte important pentru centralele electrice ca și pentru consumatorii care dispun de mai multe alimentări cu energie electrică.

Faptul că un telecontor totalizator arată suma algebrică a indicațiilor diferitelor contoare de emisie prezintă mare importanță, atît pentru cazurile schimburilor de energie cît și pentru cazul existenței unor subconsumatori.

Pe de altă parte, faptul că unul din indexurile unui contor teletotalizator indică suma algebrică permite folosirea unui astfel de tip de contor pentru determinarea depășirii consumului față de o limită stabilită; una din intrări se conectează negativ (indicațiile respective se scad deci automat), primind impulsurile de la un traductor de valori de referință (corespunzător limitei alese).

Un alt mare avantaj al majorității aparatelor descrise este acela că valorile măsurate (energii și puteri medii) sînt în toate cazurile prezentate sub formă numerică, astfel încît este eliminată posibilitatea de a se ajunge la rezultate diferite prin diferite interpretări, cum se întîmplă în cazul indicatoarelor de maxim sau al maxigrafe-

lor (acesta este de altfel motivul principal pentru care astăzi, indicatoarele de maxim cu care se mai echipează uneori contoarele de tipurile indicate mai sus nu mai au nici un rol în facturarea consumului de energie electrică, ci servesc numai pentru a da indicații orientative).

Telecomanda centralizată, constînd în emiterea de la un post central de emisie a unor mesaje sub formă de impuls, după sistemul cu intervale de impuls și cu frecvență acustică, se folosește pentru transmiterea impulsurilor chiar în rețeaua de distribuție. Sistemul are o mare importanță și din punctul de vedere al tarifării consumului de energie electrică, atît prin comanda trecerii de pe un sistem tarifar pe altul (schimbarea cadranului) cît și prin programarea funcționării unor utilaje, în funcție de tariful aplicat (acceptarea unor consumatori de a li se deconecta automat, prin telecomandă centralizată, o serie de receptoare, cum ar fi cele pentru încălzitul electric în timpul vîrfului de sarcină al sistemului energetic, beneficiind astfel de un tarif mai redus, fără a necesita alte contoare speciale).

2. Transformatoare de măsură

2.1. Generalități

Transformatoarele de măsură sînt aparate auxiliare, care se folosesc în instalațiile de curent alternativ; ele asigură o conectare indirectă a aparatelor de măsurat la circuitul primar.

Transformatoarele de măsură sînt construite, în principiu ca și transformatoarele de putere, în sensul că au un miez de fier, pe care sînt montate două bobine, una primară, care se leagă la circuitul pe care se efectuează măsurarea și alta secundară, la care se conectează aparatele de măsurat.

Spre deosebire de transformatoarele de putere, puterea aparentă nominală (S) a transformatoarelor (reductoarelor) de măsură este foarte mică, fiind reprezentată numai de consumul propriu al aparatelor de măsurat și al circuitelor respective. Modificarea sarcinii transformatoarelor de măsură determină apariția unor erori suplimentare, față de valorile nominale.

Folosirea transformatoarelor de măsură face posibilă măsurarea mărimilor electrice în cazul curenţilor mari şi al tensiunilor înalte, pentru care nu s-au fi putut realiza aparate care să permită măsurarea directă a acestor mărimi, extinzînd astfel domeniul de folosire al aparatelor şi permiţînd ca pentru diferite tensiuni şi diferiţi curenţi din circuitul primar să se folosească aparate de măsurat construite pentru valorile standardizate de 100 (110) V respectiv 5 A (1A).

Pe de altă parte, folosirea transformatoarelor de măsură permite amplasarea aparatelor de măsurat separat de instalţiile de înaltă tensiune şi de circuitele primare în general, ceea ce conduce atît la mărirea gradului de precizie al măsurărilor cît şi la asigurarea pentru personalul de deservire a unor condiţii de securitate sporită.

În fine, transformatoarele de măsură protejează aparatele de măsurat de suprasarcinile ce pot apare ca urmare a unor eventuale scurtcircuite.

Există două feluri de transformatoare de măsură: transformatoare de curent şi transformatoare de tensiune.

Transformatorul de curent este practic un transformator cu secundarul în scurtcircuit, în timp ce prin bobinajul primar al acestuia circulă curentul de măsurat, circuitul secundar este închis prin rezistenţa neînsemnată a bobinelor de curent ale aparatelor conectate şi ale conductoarelor din circuitul secundar respectiv.

În schimb, transformatorul de tensiune, care ca principiu de funcţionare nu se deosebeşte în mod esenţial de transformatorul de putere, funcţionează slab încărcat, aproape în gol.

Bobinele de curent ale aparatelor de măsurat se leagă în serie la bornele secundare ale transformatoarelor de curent, iar bobinele de tensiune ale aparatelor de măsurat se leagă în derivaţie (paralel) la bornele secundare ale transformatoarelor de tensiune.

2.2. Transformatoare de curent

2.2.1. *Generalităţi*

Pentru curenţi mari, construcţia aparatelor de măsurat devine foarte greoaie iar conectarea acestora se poate

face numai cu mare greutate, necesitînd conductoare de legătură de secțiune mare. Din această cauză, în curent alternativ, pentru curenții în general mai mari de 100 A, aparatele de măsurat se conectează prin intermediul transformatoarelor (reductoarelor) de curent.

Schema de principiu a unui transformator de curent este arătată în fig. 24. Cele două înfășurări — înfășurarea primară, parcursă de curentul ce trebuie măsurat, și înfășurarea secundară, la bornele căreia sînt conectate în serie bobinele de curent ale aparatelor de măsurat — sînt bobinate pe un miez compus din tole de oțel.

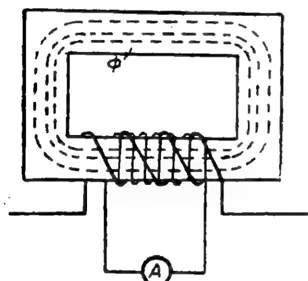


Fig. 24. Schemă de principiu a unui transformator de curent.

Notînd cu I_1, n_1 și I_2, n_2 curenții și numerele de spire ale înfășurărilor primară, respectiv secundară ale unui transformator de curent, între aceste mărimi există relația

$$n_1 I_1 = n_2 I_2.$$

Această egalitate arată că tensiunea magnetomotoare din înfășurarea primară trebuie să fie egală cu cea din înfășurarea secundară.

Raportul dintre curentul primar nominal și curentul secundar nominal se numește *raport de transformare al transformatorului de curent* și se notează:

$$k = \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

În marea majoritate a cazurilor, transformatoarele de curent se construiesc pentru un curent secundar nominal de 5 A, curenții primari nominali avînd una din următoarele valori: 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 71; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 750; 1000; 1500; 2000 și 3000 A; în exploatare se întîlnesc în mod curent și transformatoare de curent avînd alți curenți nominali (în special primari) decît cei indicați mai sus.

2.2.2. *Construcţia transformatoarelor de curent*

Transformatoarele de curent se fabrică numai în execuţie monofazată şi au forme diferite în funcţie de utilizarea lor şi de valoarea tensiunii. Numărul de spire ale înfăşurării primare este mic, iar secţiunea destul de mare — în funcţie de valoarea curentului primar nominal; în unele cazuri, pentru curenţi mari, această înfăşurare se reduce la o singură spiră, sub forma unei bare, ceea ce face ca această construcţie să fie foarte sigură în exploatare, utilizarea ei nefiind însă recomandabilă pentru curenţi primari mai mici de 800 A, datorită erorilor ce apar.

Numărul de spire ale înfăşurării secundare este mai mare iar secţiunea mai mică decît cele ale înfăşurării primare, ea calculîndu-se în general pentru un curent de 5 A, care va trece prin circuitul secundar atunci cînd prin înfăşurarea primară va trece curentul nominal pentru care a fost calculat transformatorul de curent.

O foarte mare răspîndire au căpătat transformatoarele de curent, care servesc şi drept izolatoare de trecere prin pereţii sau acoperişul clădirilor sau prin carcasele aparatelor. Izolarea se face cu hîrtie presată, impregnată cu un lac special, sau cu un tub de porţelan.

S-au construit şi transformatoare cu buclă, folosite pentru curenţi cuprinşi în general între 10 şi 600 A, în special pentru tensiuni înalte (înfăşurarea primară are forma de buclă şi trece de mai multe ori prin miezul de fier).

Transformatoarele de curent cele mai des întîlnite sînt în execuţie *uscată*, miezul de fier şi înfăşurările fiind introduse în cuve umplute cu o masă izolantă solidă sau cu nisip; în cazul unităţilor mici, de joasă tensiune, cuva este înlocuită printr-o simplă cutie de protecţie. Mai rar, miezul de fier şi înfăşurările sînt introduse în cuve umplute cu ulei.

În cazuri speciale, cînd între transformatorul de curent şi aparatul de măsurat este o distanţă mai mare, pentru micşorarea erorii de măsurare, datorită căderii de tensiune mari în circuitul secundar, se folosesc transformatoare de curent cu înfăşurare secundară dimensionată pentru 1 A (în loc de 5 A).

În mod curent, transformatoarele de curent pentru medie și înaltă tensiune sînt prevăzute cu două înfășurări secundare distincte (separate): o înfășurare avînd o precizie mai mare — deci o eroare mai mică — destinată pentru măsurări de precizie (contoare etc.), din care cauză în exploatare este cunoscută sub numele de *înfășurare pentru măsură* și a doua înfășurare avînd precizie mai mică — deci o eroare mai mare — destinată alimentării releelor ~~și cunoscută sub~~ numele de *înfășurare pentru protecție.*

Există și transformatoare de curent cu dublu raport de transformare, trecerea de la un raport de transformare la celălalt făcîndu-se prin modificarea legăturilor la bornele transformatorului, operație ce trebuie făcută cu deosebită atenție, deoarece legarea greșită se soldează cu o eroare variind între —50 și +100%.

2.2.3. *Precizia transformatoarelor de curent*

La un transformator de curent se întîlnesc două feluri de erori:

— O eroare datorită raportului de transformare, numită *eroare de curent.* În cazul transformatoarelor de curent, de obicei, eroarea crește cu scăderea sarcinii (se poate dubla la o sarcină de numai 20% din sarcina nominală, iar la sarcini și mai mici, sub 10% din sarcina nominală, eroarea poate căpăta valori mult mai mari). Pe de altă parte, exactitatea funcționării unui transformator de curent depinde și de numărul de aparate conectate în circuitul secundar: dacă, de exemplu, sarcina admisibilă este 15 VA, aceasta înseamnă că la curentul maxim din circuitul secundar de 5 A, tensiunea la bornele secundare nu trebuie să fie mai mare de 3 V; deci rezistența tuturor înfășurărilor aparatelor din circuitul secundar — inclusiv a conductoarelor de legătură — nu trebuie să fie mai mare decît valoarea rezultată din relația

$$R=\frac{U\cdot I}{I^2}=\frac{3\cdot 5}{25}=\frac{15}{25}=0{,}6\ \Omega.$$

Pentru transformatoarele de curent, la un curent secundar de 5 A, valorile rezistențelor nominale sînt: 0,2;

0,6; 0,8; 1,2 și 2 Ω (bobina de curent a unui contor de inducție are o rezistență de circa 0,1 Ω).

Circuitele de la transformatoarele de curent la aparatele de măsurat se execută în conductoare de cupru, a căror secțiune minimă, în funcție de distanță, este indicată în tabelul 1.

— O *eroare de unghi* (eroare unghiulară), datorită defazajului ce există întotdeauna între curentul primar și curentul secundar. Unghiul se exprimă în minute (1/60 dintr-un grad.

În tabelul 2 sînt date erorile maxime admise pentru transformatoarele de curent din clasele 0,2—10.

Tabelul 1

Secțiunea minimă a conductoarelor de cupru ale circuitelor de curent în funcție de distanța de la transformatoarele de curent la contor

Lungimea conductorului, de la transformatoarele de curent la contor, în m	Pînă la 10	De la 10 pînă la 15	De la 15 pînă la 25	De la 25 pînă la 35	De la 35 pînă la 60
Secțiunea minimă a conductorului în mm²	2,5	4	6	8	10

Tabelul 2

Erorile maxime admise pentru transformatoarele de curent din clasele 0,2—10

Curentul primar, în % din valoarea nominală	Clasa 0,2		Clasa 0,5		Clasa 1		Clasa 3		Clasa 10	
	Eroarea de curent %	Eroarea de unghi min.	Eroarea de curent %	Eroarea de unghi min.	Eroare de curent %	Eroarea de unghi min.	Eroarea de curent %	Eroarea de unghi min.	Eroarea de curent %	Eroarea de unghi min.
10	±0,5	±20	±1	±60	±2	±120	—	nu se standardizează	—	nu se standardizează
20	±0,35	±15	±0,75	±50	±1,5	±100	—		—	
100—120	±0,2	±10	±0,5	±40	±1	± 80	±3		±10	

2.2.4. *Marcarea transformatoarelor de curent*

Pe plăcuţa unui transformator de curent sînt indicate:

— raportul de transformare sub formă de fracţie (la numărător curentul primar nominal, iar la numitor curentul secundar nominal, de exemplu 100/5 A sau 1000/5 A);

— clasa de precizie, exprimată printr-un număr care indică, în procente, eroarea de curent maximă admisă pentru transformatorul de curent respectiv, la sarcina nominală;

— puterea nominală în volt-amperi (VA), sau, mai rar, sarcina nominală în ohmi (Ω), ceea ce este practic acelaşi lucru, o valoare deducîndu-se din cealaltă.

La un transformator de curent, bornele primare se notează cu *K* şi *L* (litere mari), iar bornele secundare se notează cu *k* şi *l* (litere mici). În unele cazuri, bornele primare se notează cu L_1 şi L_2 (litere mari), iar bornele secundare se notează cu l_1 şi l_2).

Marcarea bornelor serveşte la stabilirea sensului curentului secundar din bobinele de curent ale aparatelor conectate, ceea ce are mare importanţă pentru funcţionarea corectă a contoarelor, wattmetrelor şi fazmetrelor (numai pentru ampermetre marcarea bornelor de curent este lipsită de importanţă, bornele primare neputîndu-se în nici un caz confunda cu cele secundare). Dacă la un transformator de curent, marcarea bornelor lipseşte, acesta nu va fi montat în instalaţie înainte de verificarea sa în laborator şi înainte de marcarea clară a bornelor sale.

Deoarece citirea indicaţiilor de pe plăcuţa transformatoarelor de curent, în special la cele de medie şi înaltă tensiune, de cele mai multe ori nu este posibilă cu instalaţia sub tensiune, este indicat ca pe carcasa (cuva) transformatorului să se scrie mare, cu vopsea, raportul de transformare, în aşa fel încît citirea acestuia să se poată face în orice moment, fără scoaterea instalaţiei de sub tensiune.

2.2.5. *Observații în legătură cu folosirea transformatoarelor de curent*

Cînd înfășurarea primară a unui transformator de curent se află sub tensiune, înfășurarea secundară a transformatorului de curent respectiv trebuie să fie *în mod obligatoriu* legată, fie la un aparat de măsurat (sau la mai multe aparate de măsurat cu bobinele de curent înseriate), fie în scurtcircuit. Nerespectarea acestei reguli poate atrage după sine încălziri inadmisibile ale fierului transformatorului de curent, cu consecințe dintre cele mai grave asupra funcționării și integrității instalației, pe de o parte și apariția la bornele secundare a unei tensiuni periculoase, pe de altă parte. Din motivele de mai sus, un transformator de curent aflat sub tensiune nu va fi lăsat nici un singur moment *cu secundarul deschis*.

Pentru măsurarea energiilor activă și reactivă cu ajutorul contoarelor, se folosesc în mod curent cîte trei transformatoare de curent în instalațiile de joasă tensiune și cîte două transformatoare de curent — montate uzual pe fazele extreme *R* și *T* — pentru instalațiile de înaltă tensiune.

2.3. **Transformatoare de tensiune**

2.3.1. *Generalități*

Construcția aparatelor de măsurat de tensiuni mari ridică o serie de probleme, din care cauză pentru măsurări la tensiuni mai mari de 500 V se utilizează transformatoare (reductoare) de tensiune. Schema de principiu a unui transformator de tensiune este arătată în fig. 25.

Transformatoarele de tensiune au, în general, un aspect asemănător cu al transformatoarelor de forță, cele două înfășurări (primară și secundară) aflîndu-se montate pe un miez din tole de oțel electrotehnic. Înfășurarea primară (de înaltă tensiune) este conectată direct la rețeaua de înaltă tensiune, iar la bornele înfășurării secundare (de joasă tensiune) se racordează, în derivație, bobinele de tensiune ale aparatelor de măsurat, tensiunea

la aceste borne avînd în general valoarea standardizată de 100 V (mai rar 110 V).

Notînd cu U_1, n_1 și U_2, n_2 tensiunile și numerele de spire ale înfășurărilor primară respectiv secundară ale unui transformator de tensiune, între aceste mărimi există relația:

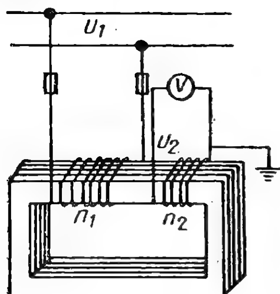


Fig. 25. Schemă de principiu a unui transformator de tensiune.

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}.$$

Raportul dintre numărul de spire ale înfășurării primare și numărul de spire ale înfășurării secundare, sau (ceea ce este același lucru) raportul dintre tensiunea primară nominală și tensiunea secundară nominală, se numește *raportul de transformare* al transformatorului de tensiune și se notează cu

$$k=\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}.$$

2.3.2. *Construcția transformatoarelor de tensiune*

Transformatoarele de tensiune se construiesc fie monofazate fie trifazate, cele trifazate fiind prevăzute întotdeauna în secundar cu un punct neutru accesibil, pentru a se putea măsura atît tensiunile între faze cît și tensiunile dintre fiecare fază și punctul neutru.

Înfășurarea primară (de înaltă tensiune) este formată dintr-un număr foarte mare de spire (de ordinul cîtorva mii) din sîrmă subțire, cu diametrul de 0,1—0,2 mm, în timp ce înfășurarea secundară (de joasă tensiune) este formată dintr-un număr mai mic de spire (de ordinul cîtorva sute) din sîrmă mai groasă, cu un diametru de 0,8—1,0 mm. Întotdeauna, înfășurarea de joasă tensiune (secundară) este acoperită de către înfășurarea de înaltă tensiune (primară).

Pentru tensiuni mai mici (în general pînă la 3000 V), se construiesc transformatoare cu izolație în aer, ceea

ce permite, pe lîngă realizarea unor construcţii mai simple, posibilitatea montării lor în orice poziţie, avînd însă dezavantajul unei protecţii mai slabe a înfăşurărilor şi al imposibilităţii montării lor în exterior şi în încăperi umede. La tensiuni mai mari se folosesc transformatoare avînd înfăşurările izolate fie cu masă specială izolantă în care caz reparaţiile sînt mai greoaie, fie, de cele mai multe ori, cu ulei special de transformator, caz în care va trebui să se acorde o importanţă deosebită menţinerii nivelului uleiului.

2.3.3. *Precizia transformatoarelor de tensiune*

Şi la un transformator de tensiune se întîlnesc două feluri de erori.

— *Eroarea de tensiune*, datorită raportului de transformare; această eroare creşte liniar cu creşterea sarcinii în circuitul secundar (VA).

— *Eroarea de unghi* (eroare unghiulară), exprimată în minute, datorită faptului că tensiunea la bornele secundare nu este în fază cu tensiunea de la bornele primare (tensiunea reţelei).

Tabelul 3

Erorile maxime admise pentru transformatoarele de tensiune din clasele 0,2—3

Clasa	Tensiunea, în % din tensiunea nominală	Eroarea de tensiune %	Eroarea de unghi min
0,2	80—120%	±0,2%	±10′
0,5	80—120%	±0,5%	±20′
1	80—120%	±1%	±40′
3	100%	±3%	nu se standardizează

În tabelul 3 sînt date erorile maxime admise pentru transformatoarele de tensiune din clasele 0,2—3, cu precizarea că pentru transformatoarele de tensiune destinate contoarelor se admit erori de tensiune de cel mult 0,5% şi erori unghiulare de cel mult 20 min.

Deoarece precizia unui transformator de tensiune depinde în foarte mare măsură de sarcina circuitului secundar, se va acorda o mare atenţie numărului maxim de aparate de măsurat ce pot fi conectate la un astfel de transformator, ţinînd cont de faptul că puterea consumată în înfăşurarea derivaţie a unui contor (în bobina de tensiune a acestuia) se consideră de 5 VA, iar puterile nominale ale cîtorva tipuri uzuale de transformatoare de tensiune sînt date în tabelul 4.

Tabelul 4

Puterea nominală a transformatoarelor de tensiune

Tipul transformatorului	Tensiunea nominală din primar U,V	Puterea nominală S, VA pentru clasa de precizie			Puterea maximă VA
		0,5	1	3	
Monofazat cu două înfăşurări	380 ; 500	25	40	100	200
	3 000	30	50	120	240
	6 000	50	80	200	400
	10 000 ; 15 000	80	150	320	640
	35 000	150	250	600	1 200
Trifazat cu două înfăşurări	380 ; 500 ; 3 000	50	80	200	400
	5 000	80	150	320	640
	10 000 ; 15 000	120	200	480	960

2.3.4. *Marcarea transformatoarelor de tensiune*

Pe plăcuţa unui transformator de tensiune sînt indicate:

— raportul de transformare, sub formă de fracţie (la numărător tensiunea primară nominală, iar la numitor tensiunea secundară nominală);

— clasa de precizie, exprimată printr-un număr care indică, în procente, eroarea de tensiune maximă admisă pentru transformatorul de tensiune respectiv, la sarcina nominală;

— puterea nominală, în VA.

La un transformator de tensiune monofazat, bornele primare ale înfăşurării de înaltă tensiune, prin interme-

diul cărora transformatorul de tensiune se leagă în derivație la rețea, se notează cu litere mari, fie cu *U* și *V*, fie cu X și *A*. Bornele secundare ale înfășurării de joasă tensiune, la care sînt racordate în derivație (paralel) aparatele de măsurat, se notează cu litere mici, fie cu *u* și *v*, fie cu x și *a*.

În instalațiile trifazate de înaltă tensiune sînt foarte des utilizate cîte două transformatoare de tensiune monofazate, legate după schema în V (fig. 26), cu punctul comun al bobinajelor secundare *(x)* legat la pămînt.

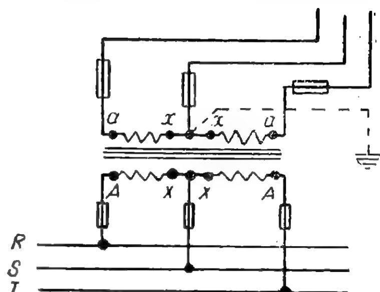


Fig. 26. Schemă „în V" de legare a două transformatoare de tensiune monofazate.

La transformatoarele de tensiune trifazate, bobinajele primare sînt legate în stea, iar cele secundare sînt legate în stea cu punct neutru. Privite dinspre partea de joasă tensiune, capetele bobinajelor (bornele) sînt marcate după cum urmează:

— bornele primare cu *C*, *B* și *A* (litere mari);

— bornele secundare cu *c*, *b*, *a* și *o* (litere mici).

Se recomandă ca înainte de montarea sa în rețea, un transformator de tensiune să fie verificat din punctul de vedere al marcării bornelor.

2.3.5. *Observații în legătură cu folosirea transformatoarelor de tensiune*

Înfășurarea secundară a unui transformator de tensiune se leagă la o rezistență foarte mare (pentru a nu se depăși puterea pentru care a fost construit transformatorul) sau se lasă deschisă.

În circuitul de înaltă tensiune care alimentează transformatorul de tensiune se montează în mod obligatoriu siguranțe fuzibile. În circuitul secundar se vor pune siguranțe numai la bornele care nu sînt legate la pămînt.

2.4. Observații privind folosirea transformatoarelor de măsură

În montajele cu transformatoare de curent și tensiune se vor lega la pămînt, în mod obligatoriu, una din bornele fiecărui circuit secundar și masa (cuva) fiecărui transformator de măsură, aceasta pentru a se evita ca partea de joasă tensiune și părțile metalice, care în mod normal nu se găsesc sub tensiune, să primească în mod accidental tensiunea înaltă a circuitului primar. Secțiunea minimă a conductoarelor de legare la pămînt va fi de 16 mm². Se interzice intercalarea siguranțelor fuzibile în circuitul de legare la pămînt a transformatoarelor de măsură.

Ori de cîte ori înfășurarea primară a unui transformator de măsură este legată la o instalație de înaltă tensiune, se interzice atingerea nu numai a bornelor primare, ci a oricărui element al transformatorului.

Pentru efectuarea oricăror lucrări la transformatoarele de măsură, în vederea evitării unui eventual pericol, este necesară întreruperea prealabilă a circuitului de alimentare și legarea la pămînt a tuturor bornelor transformatorului respectiv.

3. Schemele de montaj ale contoarelor electrice

3.1. Generalități

Exactitatea înregistrărilor unui contor electric depinde, desigur, de calitatea acestuia și a eventualelor transformatoare de măsură folosite, cum și de modul de reglaj al contorului, dar (cel puțin în egală măsură) și de corectitudinea legării contorului în instalație, de unde derivă importanța cu totul deosebită a acestei probleme.

Legarea unui contor la rețea se face ținîndu-se seama de notațiile de pe cutia de borne și în conformitate cu schema indicată de regulă pe partea interioară a capacu-

lui acesteia sau, mai rar, pe carcasa contorului; de menționat că în practică se întîlnesc situații în care, în laborator, cu ocazia verificării periodice a contorului, capacul cutiei sale de borne este înlocuit cu altul identic ca mărime, dar aparținînd unui alt tip de contor, ceea ce evident poate da naștere la confuzii.

În schemele respective, bornele la care se leagă conductoarele care merg către sarcină se notează cu simbolul lămpii electrice (X).

Legarea la rețea a contoarelor trifazate se face respectîndu-se ordinea succesiunii fazelor, în care scop sînt folosite aparate speciale, numite *indicatoare de fază*. Indicatorul de fază, a cărui schemă de principiu este reprezentată în fig. 27, este un mic motor asincron, cu rotorul în scurtcircuit, montat într-o cutie de material plastic prevăzută cu trei borne, notate cu literele *R*, *S* și *T* sau cifrele *1*, *2* și *3*. Cei trei electromagneți ai indicatorului de fază au infășurările legate în stea, acționînd asupra unui disc de aluminiu pe care-l obligă să se rotească într-un sens sau altul, în funcție de ordinea fazelor tensiunilor ce s-au aplicat la bornele aparatului. Rotirea discului indicatorului de fază în sensul arătat de săgeată (sensul de rotație al acelor unui ceasornic) indică o legare corectă. În cazul rotirii discului în sensul invers celui indicat de săgeată, este necesară schimbarea între ele a două conductoare.

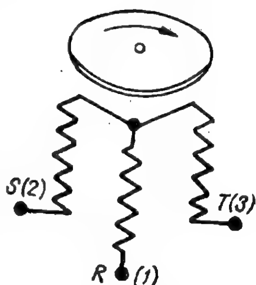


Fig. 27. Scheme de principiu a unui indicator de fază.

Inidicatorul de fază este construit pentru a funcționa în regim de scurtă durată (de ordinul secundelor), adică atît cît este necesar pentru a se determina sensul de rotație al discului, la tensiuni între faze de 50—500 V și la frecvențe cuprinse între 40 și 60 Hz.

Pentru corecta funcționare a contorului, pe lîngă determinarea exactă a ordinii de succesiune a fazelor, conform celor arătate mai sus, în rețelele de joasă tensiune

cu patru conductoare este deosebit de importantă și identificarea atentă a conductorului de nul (neutru).

Din punctul de vedere al modului de conectare a unui contor electric, se disting mai multe feluri de montaje.

Montajul direct (fără transformatoare de măsură). În acest caz, întîlnit în general pentru curenți de maximum 100 A (în exploatare se mai întîlnesc însă contoare mai vechi, pentru curenți mai mari, de pildă pentru 150 A) și pentru tensiuni de maximum 650 A. Prin bobinele de curent ale contoarelor în montaj direct trece întregul curent al instalației, iar bobinele lor de tensiune sînt alimentate direct la tensiunea rețelei.

Montajul semidirect (cu transformatoare de curent). Aceasta corespunde situației cînd prin bobinele de curent ale contoarelor trec curenții din secundarele transformatoarelor de curent, iar bobinele de tensiune ale contoarelor sînt alimentate, ca și în cazul montajului direct, la tensiunea rețelei.

Montajul indirect (cu transformatoare de curent și de tensiune). În acest caz, prin bobinele de curent ale contoarelor trec curenții din secundarele transformatoarelor de curent, iar bobinele de tensiune ale contoarelor sînt alimentate la tensiunea secundarelor transformatoarelor de tensiune (de regulă 100 V sau 110 V).

3.2. Scheme normale de legare

3.2.1. *Curent alternativ monofazat*

Practic, contoarele monofazate sînt utilizate numai pentru puteri mici, din care cauză se folosește montajul direct (fig. 28), montajul semidirect (fig. 29) întîlnindu-se destul de rar, numai în cazuri speciale.

Schema de legare a contorului monofazat în montaj direct este reprezentată în fig. 28. Se observă că bornele de intrare (dinspre sursă) sînt borna *1* pentru conductorul de fază și borna *4* pentru conductorul neutru, iar bor-

nele de ieşire (către receptoare) se găsesc în dreapta bornelor de intrare respective, şi anume: borna *3* pentru conductorul de fază şi borna *6* pentru conductorul neutru. În interiorul contorului, bobina de curent este legată între bornele *1* şi *3*, deci în serie pe conductorul de fază, iar bobina de tensiune este legată între borna auxiliară *2* (legată la rîndul ei printr-o plăcuţă la borna de intrare a

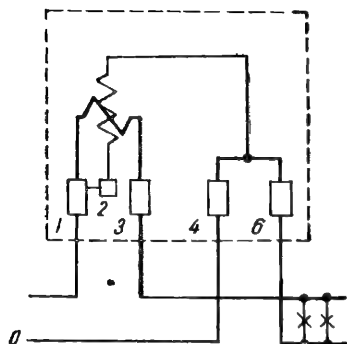


Fig. 28. Schemă de legare directă a contorului monofazat de energie activă tip CAM.

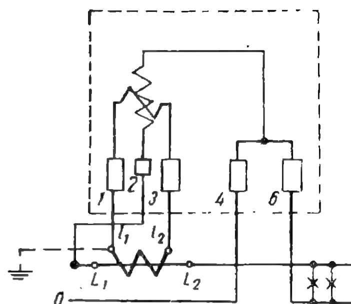


Fig. 29. Schemă de legare semidirectă a contorului monofazat de energie activă tip CAM.

conductorului de fază *1*) şi puntea fixă *4* ce leagă între ele bornele *4* şi *6*, deci în derivaţie între conductorul de fază şi conductorul neutru.

Se menţionează că este obligatoriu ca bobina de curent a contorului să fie legată în serie cu conductorul de fază, deoarece dacă ea ar fi legată în seria cu conductorul neutru nu ar mai fi străbătută de curentul absorbit de un receptor legat între fază şi un nul artificial; în această situaţie, contorul nu ar mai înregistra respectivul consum de energie electrică. Un astfel de montaj eronat este reprezentat în fig. 30, cu observaţia că, aşa cum sînt conectate receptoarele în figură, contorul înregistrează corect energia electrică consumată de acestea; de îndată însă ce receptoarele nu mai sînt legate la conductorul neutru ce a trecut prin contor, ci la un alt nul arti-

ficial (de pildă la o țeavă de apă), consumul acestora nu mai este înregistrat de contor.

Consumatorii monofazați trebuind să fie racordați întotdeauna între fază și neutru (nu între faze), nu pot apărea cazuri în care un contor monofazat să fie folosit pen-

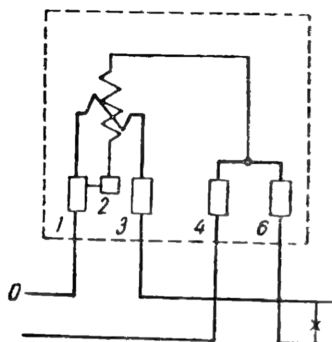


Fig. 30. Schemă de legare directă eronată a contorului monofazat de energie activă tip CAM.

tru a măsura energia consumată de receptoare care sînt alimentate între două faze. Alimentarea unui consumator monofazat prin două faze (în loc de fază-nul) este categoric inadmisibilă, deoarece în acest caz consumul oricărui receptor montat între faza care nu trece prin bobina de curent a contorului și pămînt nu ar mai fi înregistrată de contor (receptorul respectiv ar fi în acest caz alimentat la o tensiune de 1,73 ori mai mică decît în cazul alimentării sale între faze).

3.2.2. *Curent alternativ trifazat*

Montaj direct. Pentru măsurarea energiei electrice active în rețele de joasă tensiune, se folosesc contoare trifazate cu trei echipaje mobile, bazate pe metoda celor trei wattmetre. Astfel de contoare se construiesc fie cu trei discuri montate pe același ax, fie (pentru reducerea costului contorului) numai cu două discuri fixate pe același ax, asupra unui disc acționînd două echipaje mobile, iar asupra celui de-al doilea disc acționînd un singur echipaj mobil. Schema de conectare directă a unui astfel de contor EM tip CA-43 este reprezentată în fig. 31.

În mod identic, schema de legare a unui contor trifazat de energie reactivă cu trei echipaje mobile (de pildă un contor EM tip CR-43) în rețelele de joasă tensiune cu patru conductoare este reprezentată în fig. 32.

În rețelele cu trei conductoare, pentru măsurarea energiei electrice active se folosesc contoare trifazate cu

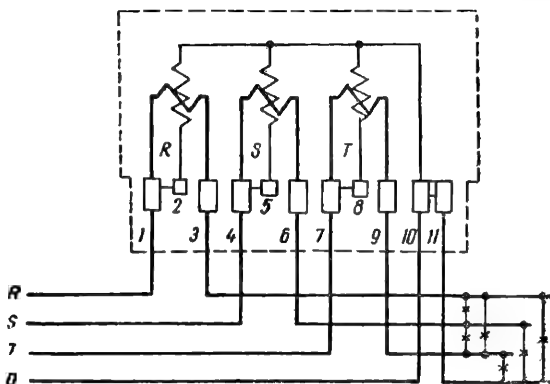


Fig. 31. Schemă de legare directă a contorului trifazat de energie activă tip CA-43.

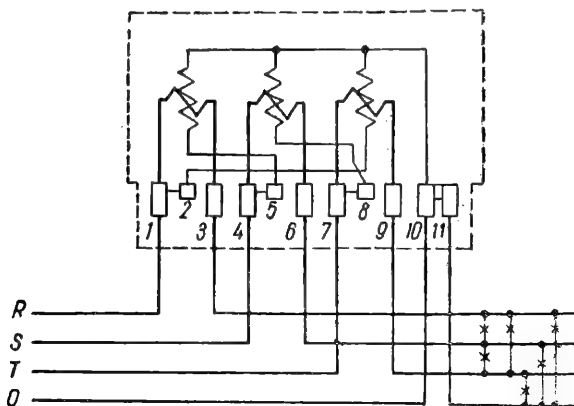


Fig. 32. Schemă de legare directă a contorului trifazat de energie reactivă, tip CR-43.

două echipaje mobile, bazate pe metoda celor două wattmetre (schema Aaron). Astfel de contoare se construiesc în general cu două discuri acționînd asupra aceluiași ax, dar se construiesc și cu un singur disc, ceea ce ieftinește costul contorului. Schema de conectare directă a unui astfel de contor (de pildă un contor EM tip CA 32) este reprezentată în fig. 33.

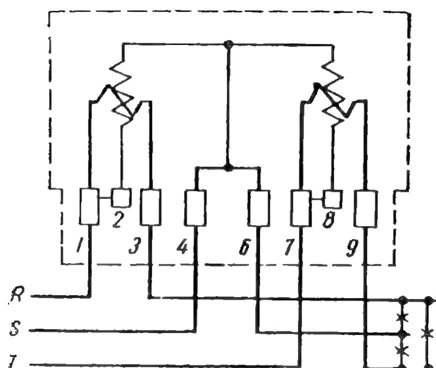


Fig. 33. Schemă de legare directă a contorului trifazat de energie activă CA-32.

În mod analog, pentru măsurarea energiei electrice reactive în rețelele trifazate cu trei conductoare se poate folosi un contor cu două echipaje mobile (de pildă un contor EM tip CR-32) montat conform schemei din fig. 34, dar poate fi folosit și un contor cu trei elemente active (de pildă un contor EM tip CR-33) montat conform schemei din fig. 35.

Este de remarcat că, deoarece consumatorii trifazați cu tensiuni între faze pînă la 380 V sînt alimentați întotdeauna numai prin rețele cu patru conductoare, contoarele trifazate de decontare ale acestora vor fi întotdeauna contoare cu trei echipaje mobile, pentru montarea lor folosindu-se în consecință schemele din fig. 31 pentru energia activă, respectiv din fig. 32 pentru energia reactivă.

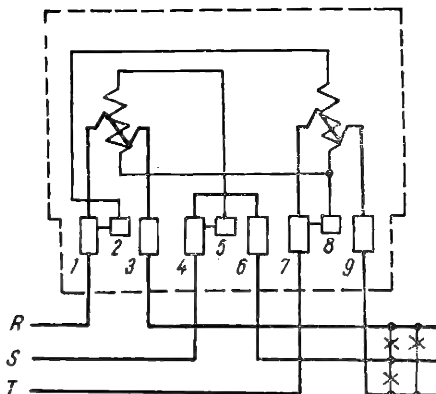


Fig. 34. Schemă de legare directă a contorului trifazat de energie reactivă CR-32.

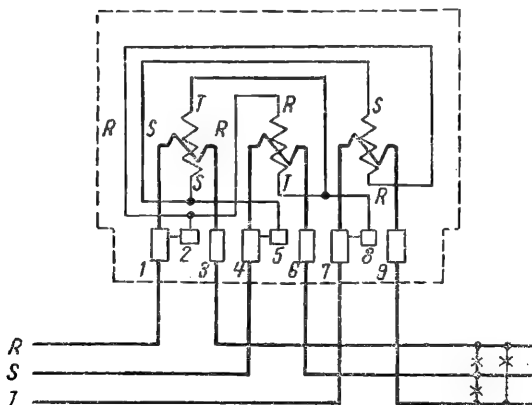


Fig. 35. Schemă de legare directă a contorului trifazat de energie reactivă tip CR-33.

Montaj semidirect. Contoarele pentru montaj semidirect se fabrică practic întotdeauna pentru un curent de 5 A, mai rar de 1 A (curentul secundar nominal al transformatoarelor de curent) și pentru tensiuni maxime de 650 V; în rest, ele nu se deosebesc de contoarele desti-

nate montajului direct (nici din punctul de vedere al construcţiei, nici din punctulul de vedere al principiului de funcţionare).

În cazul montajului semidirect al contoarelor trifazate, va trebui să se acorde o mare atenţie corespondenţei dintre modul de legare a bornelor primare ale transformatoarelor de curent la reţea şi a bornelor secundare ale acestora la contoare. Astfel, dacă în înfăşurarea primară transformatorul de curent este conectat cu borna primară L_1 spre sursă, atunci va trebui în mod obligatoriu cu borna l_1 a înfăşurării secundare a transformatorului

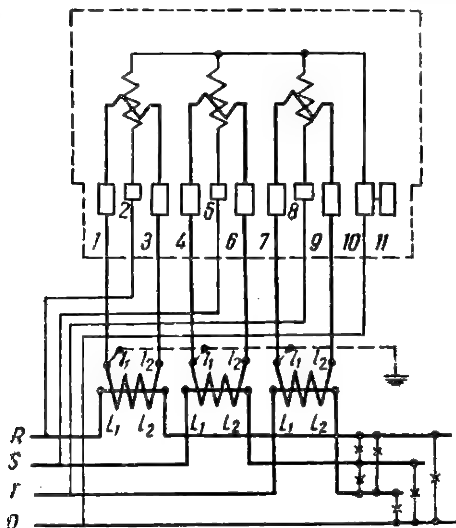


Fig. 36. Schemă de legare semidirectă a contorului trifazat de energie activă tip CA-43.

de curent să fie conectată la borna de intrare a contorului corespunzătoare fazei respective.

Pentru evitarea oricăror greşeli posibile din acest punct de vedere, este neapărat necesar ca în cadrul oricărei întreprinderi sau unităţi care exploatează contoare electrice să se păstreze, întotdeauna şi în toate cazurile,

același sistem de lucru (de pildă să se lege înspre sursă întotdeauna borna primară L_1).

Corpurile contoarelor și ale transformatoarelor de curent, ca și una din bornele secundare a fiecărui transformator de curent, (obișnuit borna de intrare), se vor lega la o instalație corespunzătoare de protecție împotriva tensiunilor accidentale.

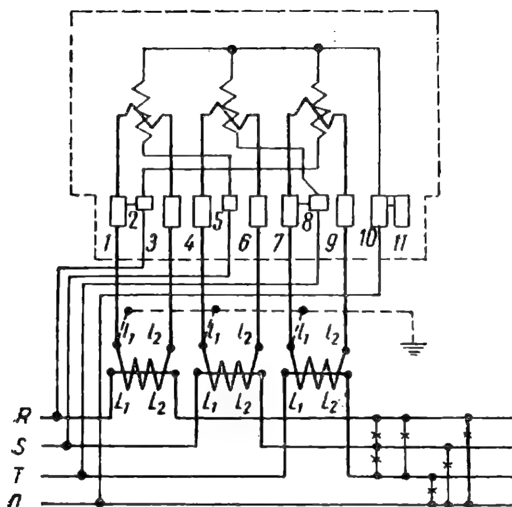


Fig. 37. Schemă de legare semidirectă a contorului trifazat de energie reactivă tip CR-43.

Schemele de montaj semidirect pentru contoarele cu trei elemente active în rețelele trifazate de joasă tensiune cu patru conductoare sînt reprezentate în fig. 36 pentru un contor de energie electrică activă (de pildă un contor EM tip CA-43), respectiv în fig. 37 pentru un contor de energie electrică reactivă (de pildă un contor EM tip CR-43).

În rețelele trifazate cu trei conductoare, similar cazului montajului direct, se folosesc schemele din fig. 38 (contor de energie electrică activă cu două echipaje mobile, cum ar fi de pildă contorul EM tip CA-32), respec-

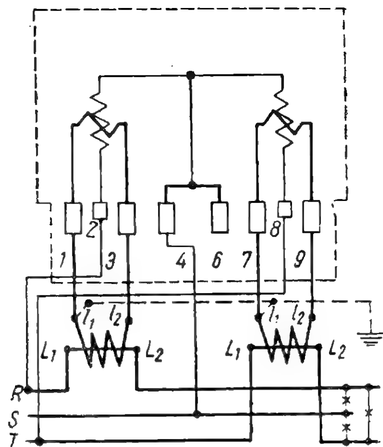


Fig. 38. Schemă de legare semidirectă a contorului trifazat de energie activă tip CA-32.

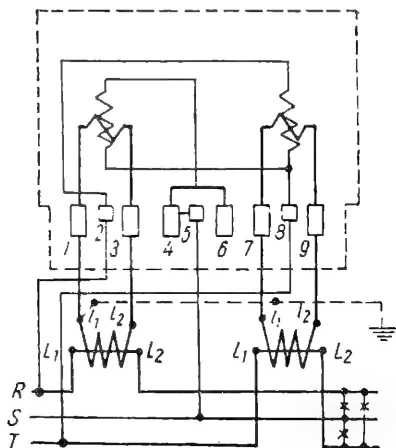


Fig. 39. Schemă de legare semidirectă a contorului trifazat de energie reactivă tip CR-32.

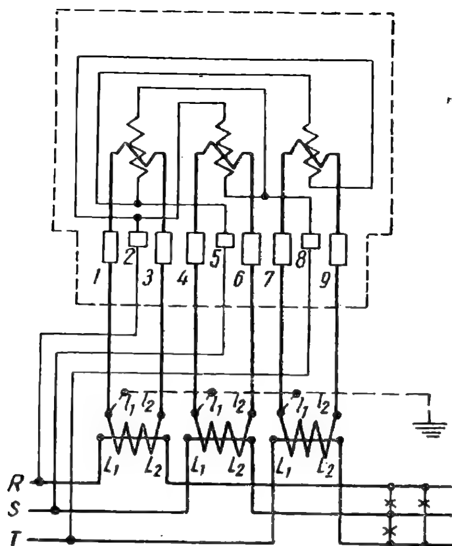


Fig. 40. Schemă de legare semidirectă a contorului trifazat de energie reactivă tip CR-33.

tiv fig. 39 (contor de energie electrică reactivă cu două echipaje mobile, cum ar fi de pildă contorul EM tip CR-32) și fig. 40 (contor de energie electrică reactivă cu trei echipaje mobile, cum ar fi de pildă contorul EM tip CR-33).

Și în cazul montajului semidirect contoarele de decontare trifazate ale consumatorilor avînd între faza tensiuni pînă la 380 V vor fi, pentru motivul arătat în cazul montajului direct, întotdeauna cu trei echipaje mobile, din care cauză se vor folosi schemele din fig. 36 pentru energia electrică activă, respectiv din fig. 37 pentru energia electrică reactivă.

Montajul indirect. Contoarele destinate montajului indirect nu se deosebesc cu nimic, din punct de vedere constructiv sau al principiului de funcționare, de contoarele destinate montajelor direct sau semidirect. Se construiesc însă întotdeauna pentru un curent secundar de 5 A (mai rar 1 A) și pentru o tensiune de 100 V (în unele cazuri 110 V), adică pentru curenții și tensiunile

secundare ale transformatoarelor de măsură (de curent şi de tensiune) prin intermediul cărora aceste contoare sînt legate la reţea.

În reţelele trifazate de înaltă tensiune se foloseşte întotdeauna montajul indirect, utilizîndu-se contoare cu două echipaje mobile. Schemele de montaj sînt indicate în fig. 41 pentru contoarele de energie activă, respectiv în fig. 42 pentru contoarele de energie reactivă.

Este de remarcat că, spre deosebire de contoarele folosite în cazul montajelor direct şi semidirect, la care bobinele de tensiune erau alimentate direct la tensiunea reţelei, în cazul montajului indirect bobinele de tensiune sînt alimentate la tensiunea secundară a transformatoarelor de tensiune (100 V sau 110 V).

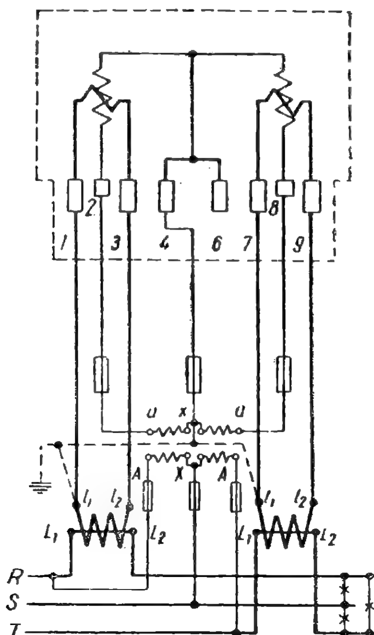


Fig. 41. Schemă de legare indirectă a contorului trifazat de energie activă tip CA-32.

Cutia de borne a contoarelor destinate montajului indirect are orificii diferite pentru intrarea în contor a conductoarelor de la transformatoarele de tensiune, lipsind puntea metalică dintre circuitul de curent și circuitul de tensiune ale contorului.

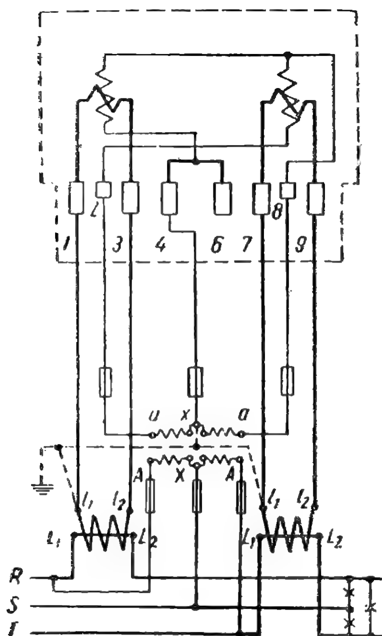


Fig. 42. Schemă de legare indirectă a contorului trifazat de energie reactivă tip CR-32.

Și în cazul montajului indirect, înfășurarea primară a unui transformator de curent se leagă în mod obișnuit cu borna L_1 spre sursă și cu borna L_2 spre receptoare, situație în care înfășurarea secundară se leagă cu borna l_1 la borna de intrare a bobinei de curent corespunzătoare a contorului și obligatoriu la instalația de legare la pămînt și cu borna l_2 la borna de ieșire a respectivei bobine de curent a contorului.

În cazul folosirii a două transformatoare de tensiune monofazate legate după schema „în V", acestea se conectează prin bornele *A* la aceleași faze la care sînt conectate și transformatoarele de curent (de regulă fazele extreme), iar bornele X sînt conectate împreună la faza neprevăzută cu transformator de curent (de regulă faza din mijloc). Bornele secundare ale transformatoarelor de tensiune se conectează după cum urmează: bornele *a* la bornele de intrare ale bobinelor de tensiune corespunzătoare ale contorului, iar bornele x conectate împreună la borna de ieșire a bobinelor de tensiune ale contorului, la corpul transformatoarelor de tensiune și obligatoriu la instalația de legare la pămînt.

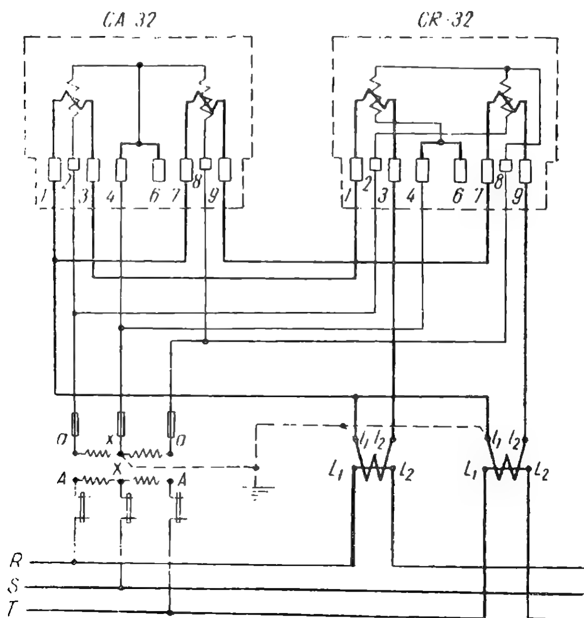


Fig. 43. Schemă de legare indirectă a unui „grup de măsurare" compus din două contoare trifazate, unul pentru energia activă, tip CA-32, și al doilea pentru energie reactivă tip CR-32.

Pentru evitarea executării unor legături greșite care ar putea conduce la scurtcircuite și la perturbarea funcționării contoarelor, cu atît mai mult în cazul montajului indirect, se impune ca în cadrul oricărei întreprinderi sau unități care exploatează contoare electrice să se adopte, totdeauna și în toate cazurile, aceeași schemă unică la racordarea transformatoarelor de curent.

La consumatorii la care este necesar să se determine atît consumul de energie activă cît și consumul de energie reactivă, cele două contoare — de energie activă, respectiv de energie reactivă — se montează în mod obișnuit alături, folosindu-se (dacă există) aceleași transformatoare de măsură. În fig. 43 s-a indicat schema de montaj indirect a unui *grup de măsurare,* folosind un contor de energie activă și un contor de energie reactivă.

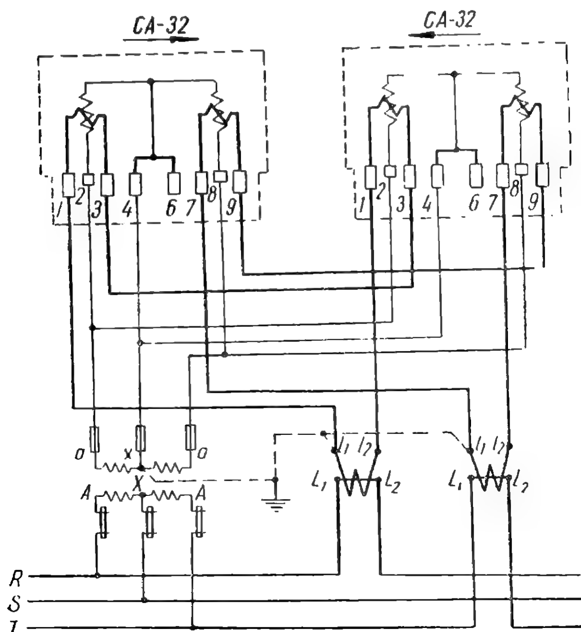


Fig. 44. Schemă de legare indirectă, a două contoare trifazate tip CA-32, în instalații în care energia activă circulă în ambele sensuri.

În cazurile cînd, într-un punct în care se face măsurarea energiei electrice, energia poate circula în ambele sensuri, se vor folosi cîte două contoare (cîte unul pentru fiecare sens), fiecare contor avînd *mersul înapoi frînat*, atît pentru energia activă cît și pentru energia reactivă. Este cazul tipic al marilor consumatori industriali care, avînd în exploatare instalații de compensare artificială a energiei reactive, pot să funcționeze în anumite perioade ale zilei în regim de supra compensare, adică să debiteze energie reactivă în rețea, din care cauză se impune existența a două contoare de energie reactivă (cîte unul pentru fiecare sens); fiecare contor este prevăzut cu cîte un opritor, care împiedică *mersul înapoi*, adică funcționarea indexului în sens invers celui normal, în unele cazuri chiar și a discului contorului.

În fig. 44 este reprezentată schema de legare indirectă a două contoare de energie activă, pentru circulația energiei active în ambele sensuri.

Pentru agregatele de măsură speciale se vor folosi schemele de montaj indicate în prospectele aparatelor respective.

3.3. **Scheme speciale de legare**

În lipsa unor contoare corespunzătoare pentru măsurarea energiilor active și reactive din rețelele trifazate, în unele cazuri pot fi utilizate în acest scop simple contoare monofazate de energie electrică activă în montaje speciale, sau alte tipuri de contoare decît cel potrivit pentru situația respectivă. În continuare sînt redate cazurile mai deosebite.

3.3.1. *Folosirea unui singur contor de energie activă, monofazat*

Metoda impune ca sistemul trifazat să fie perfect echilibrat, din care cauză se aplică în cazuri destul de rare.

Măsurarea energiei active trifazate cu un contor monofazat de energie activă (cu tensiunea nominală egală cu tensiunea pe fază). Bobina de curent se leagă pe una din faze (indiferent care), iar bobina de tensiune se leagă

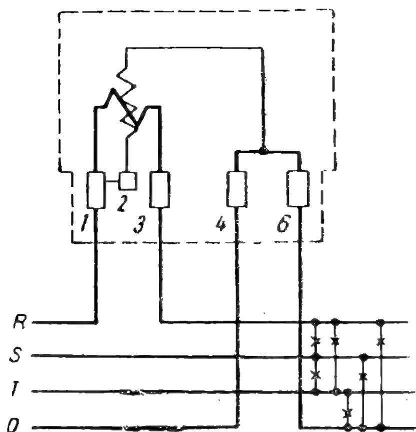


Fig. 45. Măsurarea energiei electrice active, cu un singur contor monofazat, tip CAM, într-un sistem trifazat simetric.

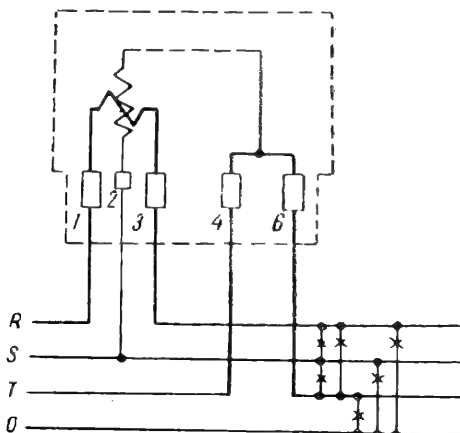


Fig. 46. Măsurarea energiei electrice reactive, cu un singur contor monofazat, tip CAM, într-un sistem trifazat simetric.

între faza respectivă (pe care s-a legat bobina de curent) și conductorul neutru. Schema de montaj rezultă din fig. 45.

Consumul total de energie electrică activă se obține prin înmulțirea cu 3 a energiei înregistrate de contorul monofazat. Aplicarea metodei de mai sus impune ca puncul neutru să fie accesibil. În caz contrar (rețele cu trei conductoare), este necesară crearea unui punct neutru artificial.

Măsurarea energiei reactive trifazate cu un contor monofazat de energie activă (cu tensiunea nominală egală cu tensiunea între faze). După cum rezultă din schema de montaj din figura 46, bobina de curent se leagă pe una din faze (indiferent care), iar bobina de tensiune se leagă între celelalte două faze, adică „la fazele străine". Nu este necesar ca punctul neutru să fie accesibil, metoda putînd fi astfel folosită în cazul rețelelor trifazate cu trei conductoare. Se va avea grijă ca la montaj plăcuța dintre bornele *1* și *2* ale contorului să fie desfăcută, în caz contrar montarea contorului provocînd un scurtcircuit între faza pe care este legată bobina de curent și faza care se leagă la intrarea bobinei de tensiune.

Consumul total de energie electrică reactivă se obține prin înmulțirea cu $\sqrt{3}$ a indicațiilor contorului monofazat.

3.3.2. *Folosirea a două contoare monofazate de energie electrică activă (schema Aaron).*

Metoda folosirii a două contoare monofazate de energie activă „perechi" (schema Aaron) este întîlnită atît în montaj direct cît și în montaj semidirect.

Măsurarea energiei active trifazate cu ajutorul a două contoare monofazate de energie activă. În rețelele trifazate cu trei conductoare, metoda poate fi aplicată atît în cazul încărcărilor egale ale fazelor cît și în cazul încărcărilor inegale ale acestora. Se folosesc două contoare monofazate de energie electrică activă, cu tensiunea nominală egală cu tensiunea între faze. Bobinele de curent ale fiecărui contor se leagă pe două faze alese oricum (*1* și *3*, *1* și *2* sau *2* și *3*). Fiecare bobină de tensiune se leagă cu borna de intrare la faza la care s-a

legat bobina de curent a contorului respectiv, iar cu borna de ieşire la faza la care nu sînt legate bobine de curent (faza liberă sau faza de referinţă).

La un factor de putere mai mare decît 0,5, discurile ambelor contoare se rotesc în sens normal (în sensul săgeţii), iar pentru determinarea consumului total de energie electrică activă se însumează valorile energiilor înregistrate de fiecare din cele două contoare. Dacă factorul de putere este mai mic decît 0,5, discul unuia din contoare se roteşte în sensul invers săgeţii care indică sensul normal. Consumul total de energie electrică activă se obţine prin însumarea algebrică a indicaţiilor celor două contoare monofazate (dacă indicaţia unuia din contoare a scăzut în perioada de înregistrare, diferenţa respectivă se consideră cu semnul minus).

Una dintre variantele de montaj menţionate mai sus (contoare monofazate „perechi") este reprezentată în fig. 47, pentru montajul direct, metoda putîndu-se folosi şi în cazul montajului semidirect.

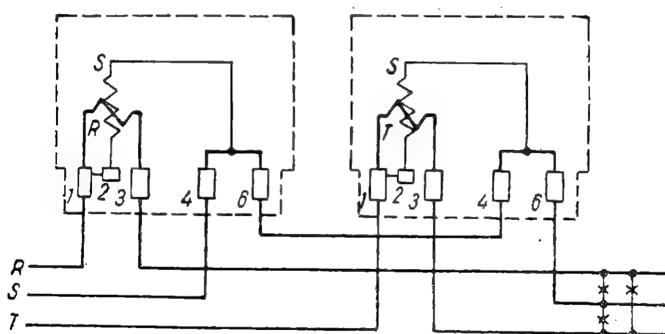


Fig. 47. Măsurarea energiilor electrice active şi reactive, cu două contoare monofazate, tip CAM, montate direct, după schema „Aaron", într-un sistem trifazat.

Măsurarea energiei reactive trifazate cu ajutorul a două contoare monofazate de energie activă. În reţelele trifazate cu trei conductoare metoda poate fi aplicată folosindu-se aceleaşi contoare ca în cazul măsurării ener-

giei electrice active, legate însă după o schemă specială pentru măsurarea energiei reactive.

Consumul total de energie electrică reactivă se obține prin înmulțirea cu $\sqrt{3}$ a diferenței dintre valorile energiilor indicate de cele două contoare dacă indicațiile ambelor contoare sînt crescătoare, respectiv prin înmulțirea cu $\sqrt{3}$ a sumei acestor indicații în cazul în care la unul din contoare indicația a scăzut.

Este de la sine înțeles că folosirea pentru determinarea energiilor active și reactive a două contoare monofazate „perechi" impune folosirea unor contoare la care să nu se frîneze mersul înapoi. Este apoi de remarcat faptul că folosirea metodei în cazurile în care energia poate circula în ambele sensuri ar atrage după sine dificultăți serioase din punctul de vedere al posibilităților de determinarea energiilor respective.

3.3.3. *Folosirea a trei contoare monofazate de energie electrică activă*

Pentru determinarea energiilor electrice active sau reactive în rețelele trifazate cu trei sau patru conductoare, cu sarcini egale sau neegale, se pot folosi cîte trei contoare monofazate de energie electrică activă („terțe").

Măsurarea energiei electrice active. Sînt utilizate schemele de legare reprezentate în fig. 48 pentru mon-

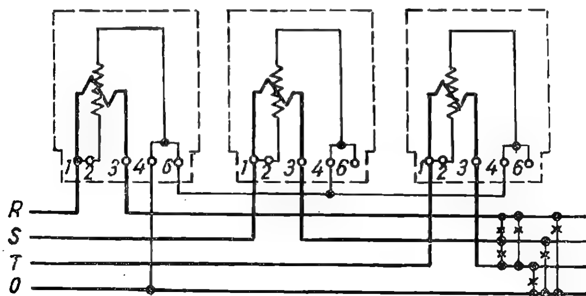


Fig. 48. Măsurarea energiei electrice active într-un sistem trifazat, cu trei contoare monofazate, tip CAM, montaj direct.

tajul direct, putîndu-se folosi o schemă analogă şi în capul montajului semidirect. Tensiunea nominală a celor trei contoare folosite trebuie să corespundă cu tensiunea pe fază a reţelei.

Consumul total de energie electrică activă se determină prin însumarea indicaţiilor celor trei contoare.

Măsurarea energiei electrice reactive. Sînt utilizate schemele de legare reprezentate în fig. 49 pentru mon-

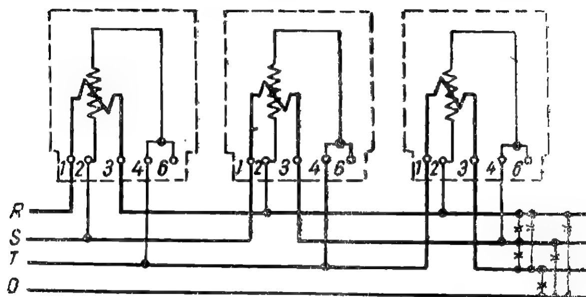


Fig. 49. Măsurarea energiei electrice reactive, într-un sistem trifazat, cu trei contoare monofazate, tip CAM, montaj direct.

tajul direct, putîndu-se folosi o schemă analogă şi în cazul montajului semidirect. Tensiunea nominală a celor trei contoare folosite trebuie să corespundă cu tensiunea între faze a reţelei.

Consumul total de energie electrică reactivă se determină prin împărţirea cu $\sqrt{3}$ a sumei indicaţiilor celor trei contoare.

4. Constantele contoarelor electrice

4.1. Generalităţi

Constantele unui contor electric rezultă atît din construcţia sa cît şi din modul în care el este conectat în instalaţie. Astfel, pentru cel care cunoaşte caracteristi-

cile unui contor, principiul de funcționare, detaliile sale constructive, cum și modul de conectare a contorului în instalație (inclusiv caracteristicile exacte ale transformatoarelor de măsură folosite), determinarea constantelor contorului se reduce la efectuarea cîtorva calcule elementare (înmulțiri și împărțiri).

Importanța corectei determinări a constantelor unui contor este accentuată de faptul că o foarte mare parte din contoarele aflate în exploatare servesc la decontarea consumurilor de energie electrică între întreprinderile furnizoare de energie electrică și consumatorii lor, sau între consumatorii principali și subconsumatorii lor. În această situație, indicațiile aparatelor respective (energii și uneori și puteri medii maxime) se traduc în sume de plată, așa încît, orice greșeală constatată în corecta determinare a valorilor respective se traduce prin apariția unor litigii economice.

Este de menționat faptul că o eventuală eroare strecurată în determinarea constantelor unui contor poate trece neobservată timp îndelungat (ani în șir), descoperirea erorii făcîndu-se de multe ori din întîmplare, cu ocazia schimbării contorului sau a transformatoarelor de măsură la care acesta este racordat. Discontinuitatea ce apare în evoluția normală a consumurilor de energie electrică, a puterilor medii absorbite sau variația bruscă a factorului de putere atrage în mod obișnuit atenția asupra anomaliei ce a avut loc în determinarea mărimilor respective.

Cu toată importanța pe care o prezintă problema respectivă și cu toate consecințele pe care le poate avea determinarea eronată a unei constante, practic se constată că astfel de greșeli apar totuși destul de frecvent, chiar în cazul personalului specializat în exploatarea agregatelor de măsură, personal care nu întotdeauna acordă importanța cuvenită determinării cu atenție a constantelor unui contor, efectuînd neglijent sau în grabă calculele respective, sau aplicînd în mod mecanic formulele cunoscute, fără a ține seama de unele situații speciale ce pot apărea, cum ar fi de pildă folosirea unor aparate de măsurat de alte tipuri și cu alte inscripții decît cele cunoscute și întîlnite de el curent în exploatare.

Din considerentele de mai sus, s-a socotit indicat ca problema determinării corecte a constantelor unui contor să fie tratată în acest capitol special, în care vor fi examinate numai situațiile care se referă la contoare bine reglate și corect montate în instalații; astfel, acest capitol va trata nu problema constantelor reale ale unui contor care țin seama de erori, ci problema constantelor nominale, luîndu-se bineînțeles în considerare și influența transformatoarelor de măsură asupra acestor constante.

În cuprinsul acestui capitol, ori de cîte ori, pentru simplificare, se vor face referiri numai la contoarele electrice de energie activă, folosindu-se noțiunile de putere și energie (generic) sau unitățile de măsură kilowatt și kilowattoră, se precizează că, din punctul de vedere al determinării constantelor, cele indicate pentru contoarele de energie electrică activă sînt valabile, în totul, și pentru contoarele de energie electrică reactivă.

4.2. Montajul direct al contorului

4.2.1. *Generalități și definiții*

S-a arătat în cuprinsul cap. 2 că viteza de rotație a discului contorului este direct proporțională cu puterea, iar numărul de rotații făcute de disc într-un anumit interval de timp este direct proporțional cu energia consumată (produsă) în intervalul de timp considerat.

Pentru un anumit contor există o corespondență caracteristică, întotdeauna aceeași, între numărul de rotații ale discului contorului și unitatea de energie sau, altfel spus, la un anumit contor, discul acestuia se rotește întotdeauna de același număr de ori pentru unitatea de energie.

Întotdeauna, pe contor, pe plăcuța acestuia sau pe cadran (în funcție de tipul contorului), este înscris numărul care indică această legătură între unitatea de energie și numărul de rotații ale discului contorului. De cele mai multe ori, aproape în exclusivitate la contoarele moderne, legătura aceasta este exprimată prin numărul

de rotații pe care le face discul contorului pentru 1 kWh, numărul respectiv fiind denumit în cele ce urmează *raportul de transmisie al contorului* și notat cu simbolul C_D.

În unele cazuri, legătura respectivă este exprimată prin numărul de wattsecunde care corespunde unei rotații complete a discului contorului, numărul respectiv fiind cunoscut sub denumirea (improprie și insuficient de explicită) de *constanta contorului*. În cele ce urmează, pentru evitarea oricăror confuzii cu alte constante ale contorului, pentru numărul care exprimă cîte wattsecunde corespund unei rotații complete a discului contorului, vom folosi denumirea de *constanta rotațiilor discului* și o vom nota cu simbolul K_D.

Raportul de transmisie al contorului C_D și constanta rotațiilor discului K_D sînt legate între ele prin relațiile:

$$C_D = \frac{3\,600 \cdot 1\,000}{K_D} \quad \text{[rot/kWh]};$$

$$K_D = \frac{3\,600 \cdot 1\,000}{C_D} \quad \text{[Ws/rot]}.$$

În relațiile de mai sus, numerele de 3600 și 1000 reprezintă transformarea orelor în secunde, respectiv a kilowattorelor în wattsecunde. Dacă nu ar diferi unitatea de măsură folosită uzual pentru energie în cele două sisteme de exprimare a relației dintre energie și numărul de rotații ale discului contorului, fiecare din cele două noțiuni definite mai sus ar fi inversul celeilalte.

În practică se întîlnesc și alte moduri de exprimare a *constantei rotațiilor discului*. În tabelul 5 am indicat cîteva din aceste posibilități, cu exemple concrete, calculînd pentru fiecare caz în parte și valoarea constantei rotațiilor discului *(K_D)* sub forma ei normală, adică în wattsecunde pe o rotație a discului contorului. Pentru evitarea greșelilor în folosirea diverselor formule, care exprimă de fapt sub forme diferite constanta rotațiilor discului, este necesar să se acorde o atenție deosebită unităților de măsură și diferitelor transformări ce apar necesare.

Diferite moduri de exprimare a „constantei rotațiilor discului"

Mod de inscripție	Numărul din inscripție înseamnă	Formula și exemplu de calcul al constantei Ws pentru o rotație a discului
1 rotație a discului =0,02 kWh	Constanta în kWh pentru o rotație a discului	$k_D = 3\,600 \cdot 0{,}02 \cdot 1\,000 = 7\,200$
1 kWh=400 rotații ale discului	Raportul de transmisie al contorului pentru 1 kWh	$k_D = \frac{3\,600 \cdot 1\,000}{400} = 9\,000$
1 kWh=40 rotații ale discului	Raportul de transmisie al contorului, pentru 1 kWh	$k_D = \frac{3\,600 \cdot 100}{40} = 9\,000$
La 100 W, 5 ture/min	Raportul de transmisie al contorului pentru 100 Wmin	$k_D = \frac{60 \cdot 100}{5} = 1\,200$
K=0,02	Constanta în Wh pentru o rotație a discului	$k_D = 0{,}2 \cdot 3\,600 = 720$

Numărul cu care trebuie înmulțit indexul contorului — scris cu virgulă, dacă are — pentru a se obține consumul de energie electrică în kilowattore, cunoscut sub denumirea improprie de *coeficientul mecanismului de înregistrare,* reprezintă de fapt constanta propriu-zisă a contorului pe care o vom numi în cele ce urmează *constanta proprie a indexului contorului* și o vom nota cu simbolul K_p.

Numărul care arată cîte rotații trebuie să facă discul contorului pentru ca ultima rolă cu cifre, cea din dreapta, să facă o rotație completă, poartă numele de *constanta de transmisie a mecanismului de înregistrare* și va fi notat în cele ce urmează cu simbolul K.

În legătură cu cele de mai sus, sînt necesare unele precizări.

În lipsa unor indicații speciale, numărul arătat de cifrele rolelor mecanismului de înregistrare, care se citesc prin ferestrele respective (indexul contorului), reprezintă tocmai energia înregistrată de acel contor, în kilowattore. De obicei, mecanismul de înregistrare al contorului este prevăzut cu cinci sau — mai ales la contoarele moderne — cu șase role, astfel încît numărul respectiv este format din cinci sau șase cifre. În momentul în care în dreptul fiecărei ferestre apare pentru fiecare rolă cifra 9, este suficient ca ultima rolă să facă 0,1 rotații, ca în dreptul fiecărei ferestre să apară cifra 0, contorul începînd numărătoarea de la capăt.

În mod destul de frecvent, ultima sau ultimele două ferestre apar vopsite în roșu și sînt separate printr-o virgulă, practicată în intervalul dintre ferestrele roșii și cele negre din stînga lor (deci între ferestrele *1* și *2* din dreapta sau *2* și *3* din dreapta); în acest caz, indexul este un număr zecimal cu una, respectiv două zecimale, el reprezentînd energia înregistrată de contorul respectiv, tot în kilowattore (cifrele ultimei role din dreapta, reprezintă în acest caz zecimi, respectiv sutimi).

În multe cazuri, mai ales la contoarele *mari*, destinate să funcționeze în montaj semidirect sau indirect și în orice caz să înregistreze cantități mari de energie electrică, pentru a nu trebui să se confecționeze mecanisme de înregistrare prea mari, cu prea multe role (construcții speciale și cu frecări mari), apare necesitatea ca la index nu numai să nu apară zecimale, dar chiar să apară o constantă proprie (10 sau 10 la o putere întreagă a sa). Acesta se înscrie de regulă pe placa mecanismului de înregistrare înaintea unității de măsură, după semnul înmulțirii (de exemplu: ×10 kWh). Modul de înscriere a constantei proprii diferă de la un tip de contor la altul. În unele cazuri, în dreptul fiecărei ferestre, dedesubtul ei, este înscris ordinul de mărime indicat de cifrele rolei respective. De pildă, la un contor cu constantă proprie 10(K_p=10), în dreptul ultimei ferestre din dreapta este scris numărul zece, apoi către stînga, în dreptul fiecărei ferestre 100, 1000 etc. pînă la 1 000 000 (dacă indexul are șase cifre). Dacă un contor are constanta proprie 100,

de pildă, sub ultima rolă, cea din dreapta, apare numărul 100 apoi la rola vecină, din stînga sa, 1000 etc.

Se obișnuiește să se scrie lîngă index kWh×10, în cazul constantei proprii egală cu 10; kWh×100, în cazul constantei proprii egale cu 100 etc. sau chiar pur și simplu ×10, ×100 etc. scris sub index, uneori deasupra lui, indicîndu-se însă întotdeauna și unitatea de măsură. Nu întotdeauna unitatea de măsură este scrisă lîngă constanta proprie, ceea ce prezintă importanță, dat fiind faptul că mai există în exploatare contoare, în special de tipuri mai vechi, la care indexul indică consumul de energie electrică nu în kilowattore, ci în alte unități de măsură (în hectowattore de pildă).

Sînt și cazuri cînd, tot în apropierea indexului, se scrie de pildă $K=10$, cu alte cuvinte constanta proprie (K_p) este egală cu 10 (la fel $K=100$ etc.).

Mai rar se întîlnesc și situații care, din punctul de vedere al transformării indexului în kilowattore, sînt de-a dreptul lipsite de sens; astfel, la un index format din șase cifre, ultima cifră apare într-o fereastră roșie și este separată printr-o virgulă, iar lîngă index apare $K=10$. Cu alte cuvinte, indexul scris cu virgulă se înmulțește cu 10, pentru a se afla energia în kilowattore (în cazul cînd nu se indică în mod expres pe cadran o altă unitate de măsură). Într-un astfel de caz indexul 32 164,5 reprezintă un consum de 321 645 kWh. Acest sistem este de natură să creeze confuzii și greșeli, din care cauză în exploatare, într-un astfel de caz, se obișnuiește să se șteargă $K=10$ și virgula și să se vopsească în negru și ultima fereastră, cea din dreapta, inițial vopsită în roșu (indexul apărînd de această dată fără virgulă și cu $K_p=1$ în loc de $K_p=10$, ceea ce, practic, este același lucru).

Între constanta de transmisie a mecanismului de înregistrare K (numărul care exprimă de cîte ori se rotește discul contorului pentru ca ultima rolă — cea din extrema dreaptă — să facă o rotație completă), constanta proprie K_p (numărul care exprimă coeficientul cu care se înmulțește indexul contorului ținînd cont de eventuala virgulă, pentru a se obține consumul în kilowattore) și raportul de transmisie al contorului C_D (numărul care exprimă de cîte ori se rotește discul contorului

pentru ca indexul să marcheze 1 kWh, ținînd cont de eventualele virgule și de constanta proprie, există relația

$$K = \alpha \cdot K_p \cdot C_D,$$

în care α este un coeficient care arată cîte kilowattore ar reprezenta o rotație completă a ultimei role — cea din extrema dreaptă — ținînd cont și de eventuala virgulă (cifre roșii) în ipoteza că $K_p=1$.

În aceste condiții rezultă că:

— dacă toate ferestrele sînt negre (nu există virgulă la index), $\alpha=10$ (o rotație completă a ultimei role reprezintă 10 kWh) iar $K=10\,k_p \cdot C_D$;

— dacă una din ferestre este roșie (indexul contorului are o singură zecimală), $\alpha=1$ (o rotație completă a ultimei role, cea roșie reprezintă 1 kWh) iar $K=K_p \cdot C_D$;

— dacă indexul are două zecimale (două ferestre sînt roșii) $\alpha=0{,}1$ (o rotație completă a ultimei role reprezintă 0,1 kWh) iar $K=0{,}1\,K_p C_D$.

Din examinarea relațiilor de mai sus, apare evident că există un singur caz particular, în care numerele exprimînd pe K (constanta de transmisie a mecanismului de înregistrare) și C_D (constantele de transmisie a contorului) pot fi egale între ele, și anume atunci cînd unei rotații complete a ultimei role, cea din dreapta, îi corespunde un consum de 1 kWh sau, altfel spus, cînd unei cifre a ultimei role, cea din dreapta, îi corespund 0,1 kWh.

În toate celelalte cazuri, unul din cele două numere este de 10, 100 sau 1000 ori mai mare decît celălalt.

4.2.2. Determinarea energiei și a puterii, pe baza stabilirii numărului de rotații efectuate de către discul contorului într-un anumit interval de timp

Determinarea energiei. Existînd o proporționalitate directă între viteza de rotație a discului contorului (exprimată în număr de rotații efectuate în unitatea de timp) și putere, cum și între numărul de rotații efectuate de discul contorului într-un anumit interval de timp și energia consumată (produsă) în intervalul de timp conside-

rat, rezultă că, fiind cunoscute caracteristicile unui contor, numărul de rotații efectuate de disc este suficient pentru determinarea energiei, după cum și cunoașterea timpului în care au fost efectuate rotațiile respective este suficient pentru determinarea puterii medii din intervalul de timp considerat.

Notînd cu:

W — energia, în kWh;

N — numărul de rotații efectuate de discul contorului;

C_D — raportul de transmisie al contorului, în rot/kWh;

K_D — constanta rotațiilor discului, în Ws/rot,

pentru determinarea energiei, în kilowattore, se va folosi una din relațiile

$$W = \frac{N}{C_D} \quad [\text{kWh}];$$

$$W = \frac{N \cdot K_D}{3\,600 \cdot 1\,000} \quad [\text{Ws}].$$

Pentru evitarea greșelilor se va acorda o atenție deosebită unităților de măsură, mai ales în cazurile în care caracteristicile contorului sînt definite altfel decît prin C_D sau K_D.

Determinarea puterii medii. Păstrînd aceleași notații și aceleași unități de măsură ca mai sus și notînd cu t timpul, măsurat în secunde, în care discul contorului a efectuat cele N rotații, puterea medie se poate obține folosind una din următoarele două relații:

$$P = \frac{3\,600\ N}{C_D \cdot t};$$

$$P = \frac{N \cdot K_p}{1\,000\, t}.$$

Cu ambele formule de mai sus se obține puterea în kilowați.

Determinarea timpului normal. Se numește *timp normal* t_n numărul de secunde în care discul unui contor bine reglat trebuie să facă un anumit număr de rotații, la o anumită sarcină dată.

Formula prin care putem obține valoarea timpului normal este

$$t_n = \frac{n \cdot K_D}{P},$$

care poate fi scrisă și sub forma

$$t_n = \frac{3\,600 \cdot 1\,000\, n}{C_D \cdot P},$$

toate mărimile din formulele de mai sus măsurîndu-se în unitățile de măsură amintite.

4.3. Montajul semidirect al contorului

În toate cazurile întîlnite curent în exploatare, la montajul semidirect al contoarelor, curentul nominal al contorului este de 5 A (curentul nominal al secundarului transformatoarelor de curent), bobinele de tensiune ale contorului fiind conectate direct la tensiunea joasă a rețelei.

4.3.1. *Soluții adoptate în executarea montajelor*

Se vor analiza în cele ce urmează cele trei situații care apar în practică.

a. Se folosesc contoare destinate montajului semidirect, executate pentru a fi racordate la transformatoare de curent avînd aceleași caracteristici (același raport de transformare) ca cele folosite în realitate.

Pentru contoarele destinate montajului semidirect, pe plăcuța contorului, pe o plăcuță specială sau pe cadranul contorului (în funcție de tipul acestuia), sînt înscrise atît tensiunea la care este destinat să funcționeze contorul cît și transformatorul de curent pentru care acesta a fost construit să fie racordat (raportul lor de transformare). Astfel, pe contor se va găsi scris 3×380/220 V — 3×200/5 A.

Aceste contoare, destinate montajului semidirect, sînt executate în așa fel încît consumul de energie electrică să se determine direct după indicațiile mecanismului de înregistrare, cu alte cuvinte, raportul de transformare al

transformatoarelor de curent pentru care a fost construit contorul (în cazul amintit mai sus 200/5 A=40) a fost inclus în caracteristicile contorului, astfel încît toate cele spuse în cazul montajului direct rămîn valabile și în cazul de față, deci toate indicațiile contorului se referă în realitate la curentul primar al transformatoarelor de curent, deși prin bobinele de curent ale contorului trece curentul transformat (luat de la secundarul transformatoarelor de curent).

b. Se folosesc contoare destinate montajului semidirect, executate însă pentru a fi racordate la transformatoare de curent avînd alte caracteristici (alt raport de transformare) decît cele utilizate în realitate.

Acest caz, foarte des întîlnit în practică, este determinat de faptul că nu întotdeauna există în stoc contoare destinate montajului semidirect, construite pentru a fi racordate la transformatoare de curent avînd exact același raport de transformare ca transformatoarele existente în instalație.

În acest caz, pentru obținerea puterii și energiei reale, toate indicațiile contorului privind puterea și energia, obținute conform precizărilor făcute în cazul montajului direct, trebuie multiplicate cu o constantă, pe care o vom numi în cele ce urmează *constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent*; aceasta este notată cu simbolul K_{Rtc} și valoarea ei numerică se obține împărțind raportul de transformare al transformatoarelor de curent folosite efectiv în instalație la raportul de transformare al transformatoarelor de curent pentru care a fost construit contorul (cel înscris pe contor).

Formula care ne dă pe K_{Rtc} (constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent) este deci

$$K_{Rtc}=\frac{\frac{I_{1ex}}{I_{2ex}}}{\frac{I_{1c}}{I_{2c}}}$$

în care:

I_{1ex} și I_{2ex} sînt curenții nominali (primar și secundar) ai transformatoarelor de curent existente în instalații;

I_{1c} și I_{2c} — curenții nominali (primar și secundar ai transformatoarelor de curent pentru care a fost construit contorul (cei înscriși pe contor).

Observăm că valoarea constantei K_{Rtc} poate fi supraunitară sau subunitară, după cum raportul de transformare al transformatoarelor de curent existente în instalație este mai mare sau mai mic decît raportul de transformare al transformatoarelor de curent pentru care a fost construit contorul.

În acest fel privită problema, putem considera că situația 4.3.1 a reprezintă un caz particular al celei de-a doua situații 4.3.1b, cazul optim, numărătorul fiind egal cu numitorul, fracția care conduce la valoarea lui K_{Rtc} devine echiunitară ($K_{Rtc}=1$).

c. Se folosesc contoare destinate montajului direct (soluție mult mai comodă, deoarece nu mai este necesar să existe în stoc contoare de o mare varietate de tipuri); prezintă însă dezavantajul că valorile obținute pentru energie și putere, conform precizărilor făcute în cazul montajului direct al contoarelor, trebuie înmulțite cu numărul care reprezintă raportul de transformare al transformatoarelor de curent existente în instalație.

Și acest caz poate fi considerat un caz particular al situației de la 4.3.1 b și anume acela în care $I_{1c}=I_{2c}=$ $=5$ A, deci numitorul fracției a cărei valoare ne dă pe K_{Rtc} este egal cu unitatea și deci $K_{Rtc}=\frac{I_{1ex}}{I_{2ex}}$.

4.3.2. *Observații asupra folosirii contoarelor electrice în montaj semidirect*

După cum s-a arătat în cele de mai sus, în cazul montajului semidirect al contoarelor electrice apare noțiunea de *constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent (K_{Rtc})*, cu care trebuie înmulțite indicațiile contoarelor, pentru a se obține puterea și energia.

În cazul energiei, la contoarele servind pentru decontarea consumurilor de energie electrică, se obișnuiește, pentru ușurarea operațiilor de citire-facturare prin eli-

minarea necesității efectuării unei a doua înmulțiri pentru fiecare citire, să se folosească așa-numita *constantă rezultantă a contorului*, pe care o vom nota prescurtat K_{rez}, definită ca produsul dintre constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent (K_{Rtc}) și constanta proprie a contorului (K_p).

Formula constantei rezultante a contorului este deci

$$K_{rez}=K_{Rtc}\cdot K_p.$$

În aceste condiții se obține energia în kilowattore, prin înmulțirea cu constanta rezultantă a indexului contorului (scris cu virgulă dacă are).

De remarcat că în cazuri particulare, numeric, constanta rezultantă poate fi egală fie cu constanta proprie ($K_{Rtc}=1$), fie cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent ($K_p=1$), fie cu unitatea.

4.4. Montajul indirect al contorului

4.4.1. *Constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură*

În toate cazurile întîlnite curent în exploatare, la montajul indirect al contoarelor, curentul nominal al Contorului este 5A (curentul nominal al secundarului transformatoarelor de curent), iar bobinele de tensiune ale contorului sînt conectate la tensiunea de 100 V sau 110 V (tensiunea nominală a secundarului) transformatoarelor de tensiune.

Toate cele arătate pentru cazul montajului semidirect al contoarelor, referitor la transformatoarele de curent, rămîn valabile și în cazul montajului indirect. În plus, în cazul montajului indirect apar transformatoarele de tensiune, care, pe lîngă particularitățile de montaj, modifică și modul de determinare a puterii și energiei.

Urmînd același raționament ca pentru transformatoarele de curent, ajungem la noțiunea de *constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune*, pe care o vom nota prescurtat cu simbolul K_{Rtt} și a cărei valoare numerică se obține împărțind raportul de transformare al transformatoarelor de tensiune folo-

site efectiv în instalație la raportul de transformare al transformatoarelor de tensiune pentru care a fost construit contorul (cel înscris pe contor).

Formula din care rezultă K_{Rtt} (constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune) este deci

$$K_{Rtt}=\frac{\frac{U_{1ex}}{U_{2ex}}}{\frac{U_{1c}}{U_{2c}}},$$

în care:

U_{1ex} și U_{2ex} sînt tensiunile nominale (primară și secundară) ale transformatoarelor de tensiune existente în instalație;

U_{1c} și U_{2c} — tensiunile nominale (primară și secundară) ale transformatoarelor de tensiune pentru care a fost construit contorul (cele înscrise pe contor).

În cazul montajului indirect, pentru obținerea puterii și energiei reale, toate indicațiile contorului privind puterea și energia obținută, conform precizărilor din § 4.2.1 (montaj direct), trebuie multiplicate deci, nu numai cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent, ca în cazul montajului semidirect (v. subcap. 4.3), ci și cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune.

Pentru simplificare apare noțiunea de *constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură*, notată prescurtat cu simbolul K_{Rtm} și ale cărei valori numerice se obțin prin înmulțirea constantei raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent K_{Rtc} cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune K_{Rtt}.

Formula prin care se poate obține valoarea lui K_{Rtm}, conform celor de mai sus, este următoarea:

$$K_{Rtm}=K_{Rtc}\cdot K_{Rtt}=\frac{\frac{I_{1ex}}{I_{2ex}}}{\frac{I_{1c}}{I_{2c}}}\cdot\frac{\frac{U_{1ex}}{U_{2ex}}}{\frac{U_{1c}}{U_{2c}}},$$

în care toate simbolurile au semnificațiile cunoscute.

4.4.2. Observații asupra folosirii contoarelor electrice în montaj indirect

Atît în cazul montajului indirect cît și în cazul montajului semidirect, se folosește constanta rezultantă a contorului *(K_{rez})*, cu ajutorul căreia se elimină necesitatea efectuării a trei înmulțiri pentru fiecare citire, de astă dată.

În cazul montajului indirect, constanta rezultantă a contorului *(K_{rez})* este definită ca produsul dintre constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent *(K_{Rtc})*, constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune (K_{Rtt}) și constanta proprie a contorului *(K_p)*, avînd deci expresia

$$K_{rez}=K_{Rtc}\cdot K_{Rtt}\cdot K_p=K_{Rtm}\cdot K_p.$$

În acest caz se obține energia în kilowattore, prin înmulțirea cu constanta rezultantă a indexului contorului (scrisă cu virgulă, dacă are).

De remarcat că dificultățile introduse în calculul energiei și puterii de constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune K_{Rtt} sînt mai mari decît cele corespunzătoare constantei raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent; deși scara valorilor nominale ale tensiunilor primare ale transformatoarelor de tensiune are mai puține trepte decît scara valorilor nominale ale curenților primari ai transformatoarelor de curent, existența a două tensiuni secundare (fie 100 V, fie 110 V), cum și faptul că în timp ce raporturile de transformare ale transformatoarelor de curent sînt numere întotdeauna întregi, raporturile de transformare ale transformatoarelor de tensiune sînt de multe ori numere zecimale, fac ca în cazul montajului indirect toate calculele să fie de obicei mai laborioase.

Remarcăm că și în cazul montajului indirect pot apărea situații particulare în care, numeric, constanta rezultantă poate fi egală fie cu constanta proprie, cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură, cu constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent, cu constanta raporturi-

lor de transformare ale transformatoarelor de tensiune, sau cu unitatea.

Contoarele destinate montajului indirect (cu transformatoare de tensiune și curent) și care indică direct energia din primar poartă în locul indicației tensiunii nominale, raportul tensiunilor din primar și secundar (de exemplu $\frac{3 \cdot 6\,000}{100}$ V) și în locul indicației curentului nominal, raportul curenților primar și secundar (de exemplu $\frac{2 \cdot 1\,000}{5}$ A). Pe o plăcuță specială este necesar să se indice raporturile de transformare ale transformatoarelor de măsură existente efectiv în instalație.

Se precizează că în cazul montajului indirect, existența a două tensiuni secundare posibile ale transformatoarelor de tensiune ca și posibilitățile de nepotrivire a două feluri de transformatoare de măsură (de curent și de tensiune) conduc la necesitatea existenței în stoc a unui număr mai mare de contoare, decît în cazul montajului semidirect, pentru a se putea realiza în toate cazurile o concordanță între transformatoarele de măsură pentru care au fost construite contoarele și cele existente efectiv în instalație. Cum acest deziderat este practic greu de realizat în totalitate, iar din punct de vedere constructiv (nu numai din punctul de vedere al constantelor), contoarele destinate montajelor direct sau semidirect (prevăzute cu trei echipaje mobile) nu pot fi folosite în montaj indirect (unde în mod obișnuit se folosesc contoare prevăzute cu două echipaje mobile), se construiesc în mod uzual contoare destinate montajului indirect (adică prevăzute cu două echipaje mobile pentru 5 A și pentru 100 sau 110 V), la care mecanismul înregistrator indică energia din secundar.

Pentru determinarea mărimilor electrice se vor folosi și în acest caz formulele indicate în acest capitol, cu mențiunea că transformatoarele de curent cu care a fost conceput să funcționeze contorul se consideră de 5/5 A, iar transformatoarele de tensiune pentru care a fost construit contorul de 100/100 V (sau 110/110 V). Constanta rezultantă a contorului se obține, în acest caz particular, prin înmulțirea constantei proprii cu raporturile de trans-

formare ale transformatoarelor de tensiune și de curent existente efectiv în instalație.

4.5. Constantele indicatorului de maxim

După cum s-a arătat în cap. 1, orice indicator de putere medie maximă — pentru care, spre simplificare, vom întrebuința în cele ce urmează denumirea improprie dar foarte uzuală de *indicator de maxim* — cu care poate fi prevăzut un contor electric (acesta poate avea unul, două, sau chiar mai multe indicatoare de maxim) are o scară gradată în formă de arc de cerc. Numărul de diviziuni marcate de acul condus al indicatorului de maxim este direct proporțional cu cea mai mare putere medie timp de 15 min, ce a fost absorbită de la ultima dare la zero a indicatorului de maxim și pînă în momentul citirii respective.

Vom denumi, în cele ce urmează, *constantă proprie a indicatorului de maxim* (notată prescurtat cu K_{pi}) numărul care arată cîți kilowați corespund unei diviziuni a scării gradate a indicatorului de maxim.

În consecință, pentru a determina puterea arătată de un indicator de maxim (cea mai mare putere medie pe o perioadă de înregistrare de 15 min), vom înmulți numărul de diviziuni indicate de acul condus al indicatorului de maxim cu constanta proprie a indicatorului de maxim, conform formulei

$$P = K_{pi} \cdot n,$$

în care n este numărul de diviziuni indicate de acul condus al indicatorului de maxim.

Cele de mai sus sînt, bineînțeles, valabile *în cazul montajelor direct, semidirect, sau indirect,* numai atunci cînd în instalație contorul cu indicator de maxim este montat prin intermediul unor transformatoare de măsură avînd exact aceleași caracteristici (rapoarturi de transformare) ca cele pentru care a fost construit aparatul și în consecință, în constanta sa proprie au fost incluse și raporturile de transformare ale respectivelor transformatoare de măsură.

În aceste condiţii, dacă constanta proprie a indicatorului de maxim este egală cu unitatea ($K_{pi}=1$), numărul de diviziuni la care se găseşte oprit acul indicatorului de maxim reprezintă direct în kilowaţi cea mai mare putere medie absorbită pe o perioadă de înregistrare de 15 min.

Pe cadranul oricărui indicator de maxim sînt înscrise, întotdeauna, unitatea de măsură (kW) şi constanta proprie. Există două feluri de înscriere a constantei proprii pe cadranul indicatorului de maxim, folosite în mod curent, şi anume: constanta proprie este indicată fie sub forma 1 div=K_{pi}[kW], fie sub forma x K_{pi}[kW] (în ambele forme de înscriere pe cadran nu apare K_{pi} ci valoarea numerică a acesteia).

Numărul de diviziuni ale scării gradate şi constanta proprie a indicatorului de maxim sînt în aşa fel calculate, încît la puterea nominală a contorului, acul indicatorului de maxim ocupă o poziţie apropiată de poziţia sa maximă.

Şi în cazul indicatorului de maxim, utilizarea transformatoarelor de măsură ne obligă să folosim noţiunile de constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură K_{Rtm}, constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de curent K_{Rtc} şi constantă a raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune K_{Rtt}; aceste constante pe care le folosim în cazul indicatorului de maxim sînt exact acelea pe care le folosim şi pentru indicaţiile indexului, astfel încît se menţine valabilă relaţia $K_{Rtm}=K_{Rtc} \cdot K_{Rtt}$. Şi în cazul indicatorului de maxim, produsul dintre constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură şi constanta proprie a indicatorului de maxim ne conduce la *constanta rezultantă a indicatorului de maxim*, pe care o vom nota prescurtat cu simbolul $K_{rez\ i}$ şi a cărei valoare este

$$K_{rez\ i}=K_{Rtm} \cdot K_{pi}=K_{Rtc} \cdot K_{Rtt} \cdot K_{pi}.$$

Simbolurile folosite au semnificaţiile cunoscute.

Pentru evitarea, ori de cîte ori este posibil, a situaţiilor în care valoarea constantei rezultante apare ca un număr zecimal periodic, este necesar ca elementele componente ale acesteia (constanta raporturilor de transfor-

mare a transformatoarelor de curent K_{Rtc}, respectiv constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de tensiune K_{Rtt} să nu fie calculate separat, ci după introducerea în formula constantei rezultante a tuturor datelor. Înainte de efectuarea oricăror alte operaţii (înmulţiri-împărţiri), trebuie să se efectueze în formula brută, în primul rînd, toate simplificările posibile.

Dacă nu se procedează în acest mod, la un contor măsurînd energii importante, este posibil să apară cazul unei diferenţe anuale de ordinul sutelor de mii de kilowattore; între energia reală şi cea determinată, numai ca urmare a modului defectuos de determinare a constantei rezultante.

Pentru exemplificarea celor de mai sus, se va considera cazul unui contor avînd o constantă proprie $K_p=100$, montat prin intermediul unor transformatoare de curent de 1000/5A, respectiv de tensiune de 6000/100 V, dar care în realitate a fost construit pentru a fi montat prin intermediul unor transformatoare de curent de 300/5 A, respectiv de tensiune de 5000/110 V. Făcînd în formula constantei rezultante înlocuirile, procedînd conform celor arătate mai sus se obţine valoarea corectă a acesteia, şi anume

$$K_{rez}=\frac{\frac{1\,000}{5}}{\frac{300}{5}}\cdot\frac{\frac{6\,000}{100}}{\frac{5\,000}{110}}\cdot 100=440.$$

5. Determinarea energiei electrice consumate, a puterii medii absorbite şi a factorului de putere mediu ponderat, cu ajutorul indicaţiilor contoarelor electrice

5.1. Generalităţi

Scopul principal pentru care este construit un contor electric este acela de a înregistra consumul de energie electrică activă sau reactivă (după tipul contorului). Prac-

tic însă, contoarele electrice sînt folosite în mod curent și la determinarea — direct sau indirect — a altor mărimi electrice.

În acest capitol, care reprezintă de fapt o sistematizare a noțiunilor cuprinse în capitolele anterioare, vor fi examinate, pe rînd, toate posibilitățile de utilizare a contoarelor electrice cerute curent de practică și se vor da o serie de detalii practice privind acest mod de folosire.

5.2. Determinarea energiei electrice consumate sau produse, active sau reactive

5.2.1. *Determinarea cu ajutorul indicațiilor mecanismului de înregistrare (indexului contorului)*

Valoarea indicată de cifrele rolelor mecanismului de înregistrare, care se citesc prin ferestrele cadranului (plăcuței) ce acoperă rolele (indexul contorului), citită așa cum este scrisă, adică ținîndu-se cont de eventuala virgulă și de constanta rezultantă a contorului, reprezintă tocmai energia electrică activă, în kilowattore (respectiv reactivă în kvarh), înregistrată de contorul respectiv, de la începutul funcționării lui, în ipoteza că la începutul funcționării în dreptul fiecărei ferestre se găsea cifra zero.

Practic, pentru determinarea consumului de energie electrică dintr-un anumit interval de timp, sînt luate în considerare, indexul de la începutul (indexul inițial) respectiv sfîrșitul (indexul final) acelui interval de timp. Diferența dintre indexul final și indexul inițial, înmulțită cu constanta rezultantă a agregatului de măsură, reprezintă energia electrică activă, în kWh (respectiv energia reactivă, în kvarh), înregistrată de contor în intervalul de timp considerat.

Formula prin care se obține energia electrică activă, în kilowattore, înregistrată de un contor într-un anumit interval de timp, cînd se cunosc indexurile de la începutul (inițial) și sfîrșitul (final) intervalului de timp considerat este

$$W_a = (X_F - X_I) K_{rez},$$

în care:

W_a este energia electrică activă, în kWh;

X_F și X_I — indexul final și cel inițial, scrise așa cum apar ele în ferestrele cadranului contorului (neomițînd virgula în caz că există);

K_{rez} — constanta rezultantă a agregatului de măsură.

Formula este aceeași și pentru cazul contoarelor de energie electrică reactivă.

Este de remarcat că la un contor corect montat, indexul final este întotdeauna mai mare decît indexul inițial; cînd indexul descrește ca valoare, se spune că acest contor decontează sau funcționează invers (în acest caz și discul contorului se rotește invers, pata roșie apărînd în dreptul geamului, de la dreapta către stînga observatorului). Funcționarea inversă în cazul unei conectări corecte a contorului indică o circulație a energiei în sens contrar, cum și faptul că acest contor nu are *mersul înapoi înfrînat*, măsură obligatorie în toate cazurile în care ar putea apărea o circulație inversă a energiei.

Deși în funcționarea normală doar ultima rolă are o mișcare continuă (în cazuri extrem de rare ultimele două role au mișcare continuă), cifrele celorlalte role schimbîndu-se brusc, prin impulsuri (role săritoare), totuși pot apărea în dreptul unei ferestre ale unui mecanism de înregistrare uzat, dar funcționînd corect, două cifre în loc de una; cifra cea mai mică este în curs de dispariție, iar cifra cea mare este în curs de apariție. Este foarte important de reținut că în toate aceste cazuri, indexul se scrie luînd întotdeauna în considerare cifra cea mai mică, regula fiind valabilă pentru cifrele tuturor rolelor, indiferent de numărul lor.

Orice nerespectare strictă a acestor reguli poate conduce la mari erori în determinarea energiei, erori cu atît mai mari cu cît greșeala de citire se referă la cifre ale unor role situate mai la începutul indexului (la stînga observatorului), cînd ordinul de mărime indicat de cifrele respective este mai mare.

5.2.2. *Determinarea energiei electrice cu ajutorul numărării rotațiilor discului contorului*

S-a arătat în capitolele precedente că energia înregistrată de un contor este direct proporțională cu numărul de rotații ale discului său, conform relației

$$W_a = \frac{K_{Rtm} \cdot N}{C_D} = \frac{K_{Rtm} \cdot N \cdot K_D}{3\,600 \cdot 1\,000}, \quad \text{(kWh)}$$

în care: W_a este energia electrică activă, în kWh;
K_{Rtm} — constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură;
N — numărul de rotații ale discului contorului;
C_D — raportul de transmisie al contorului, în rot/kWh;
K_D — constanta rotațiilor discului, în Ws/rot.

Este evident că determinarea energiei prin numărarea rotațiilor discului contorului nu este practică și cu atît mai mult cu cît se referă la un timp mai mare. Metoda este folosită totuși la determinarea mai exactă a consumului de energie electrică pentru perioade scurte de timp (de obicei de ordinul minutelor), mai ales în cazurile în care energia consumată în intervalul de timp considerat este prea mică în raport cu constanta rezultantă a contorului, pentru a putea fi redată cu suficientă exactitate de indexul contorului (se poate întîmpla ca indexul să nu înregistreze nici un consum în acel interval de timp, după cum se poate întîmpla, pentru cazurile întîlnite uneori, cînd fereastra ultimei role — cea cu mișcare continuă — este acoperită, ca penultima rolă, ultima vizibilă, să primească un impuls chiar la începutul intervalului de timp, deși în timpul respectiv ultima cifră — cea acoperită — nu a efectuat poate nici o zecime de rotație).

La determinarea energiei prin numărarea rotațiilor discului este necesar să se țină cont de următoarele observații:

— la contoarele cu mai multe discuri, nu toate discurile au în mod obligatoriu pata colorată, astfel încît, un

neavizat privind un astfel de disc care se rotește, poate rămîne surprins de faptul că pata colorată nu mai apare;

— numărarea rotațiilor discului contorului se face începînd de la 0 și nu de la 1, deoarece, în caz contrar, se va număra o rotație a discului în plus.

5.3. Determinarea puterii electrice medii absorbite sau debitate, active sau reactive

Prin definiție, contorul electric este un aparat de măsurat care înregistrează energia electrică activă sau reactivă, produsă sau consumată. Totuși, dacă se ține seama de relația cunoscută, care leagă energia de puterea medie și de timp $\left(P=\frac{W}{t}\right)$ rezultă automat că, fiind determinată energia activă, W_a în kilowattore (sau reactivă, W_r în kVarh), produsă sau consumată într-un interval de timp cunoscut t, puterea activă medie P_m în kW (respectiv puterea reactivă Q_m medie în kVar), se obține printr-o simplă împărțire, conform relațiilor:

$$P_m=\frac{W_a}{t} \quad [\text{kW}];$$

$$Q_m=\frac{W_r}{t} \quad [\text{kVar}],$$

în care: P_m este puterea medie activă, în kW;
Q_m — puterea medie reactivă, în kVar;
W_a — energia activă, în kWh;
W_r — energia reactivă, în kVarh;
t — timpul, în h.

Trebuie remarcat că puterile medii orare, activă P_{mh} si reactivă Q_{mh} sînt numerele egale cu energiile activă W_{ah}, respectiv reactivă W_{rh} înregistrate în ora respectivă. Se observă de asemenea că, de cîte ori timpul este mai mic de o oră, de atîtea ori puterea medie din acel interval de timp este numeric mai mare decît energia înregistrată în intervalul de timp considerat, și invers, de cîte ori timpul este mai mare de o oră, de atîtea ori puterea medie din acel interval de timp este numeric mai mică decît energia înregistrată în intervalul de timp considerat.

Astfel, de pildă:

$$P_{1'} = \frac{W_{a1'}}{1/60} = 60\,W_{1'}, \qquad Q_{1'} = \frac{W_{r1'}}{1/60} = 60\,W_{r1'}$$

$$P_{2'} = \frac{W_{a2'}}{1/30} = 30\,W_{2} \qquad Q_{2'} = \frac{W_{r2}}{1/30} = 30\,W_{r2'}$$

$$P_{3'} = \frac{W_{a3'}}{1/20} = 20\,W_{3'} \qquad Q_{3'} = \frac{W_{r3}}{1/20} = 20\,W_{r3'}$$

$$P_{4} = \frac{W_{a4}}{1/15} = 15\,W_{4'} \qquad Q_{4'} = \frac{W_{r4}}{1/15} = W_{r4'}$$

$$P_{5'} = \frac{W_{a5'}}{1/12} = 12\,W_{5'} \qquad Q_{5'} = \frac{W_{r5}}{1/12} = 12\,W_{r5'}$$

$$P_{6'} = \frac{W_{a6'}}{1/10} = 10\,W_{6'} \qquad Q_{6'} = \frac{W_{r6'}}{1/10} = 10\,W_{r6'}$$

$$P_{10'} = \frac{W_{a10'}}{1/6} = 6\,W_{a10'} \qquad Q_{10} = \frac{W_{r10'}}{1/6} = 6\,W_{r10'}$$

$$P_{15'} = \frac{W_{a15'}}{1/4} = 4\,W_{a15'} \qquad Q_{15'} = \frac{W_{r15'}}{1/4} = W_{r15'}$$

$$P_{20'} = \frac{W_{a20'}}{1/3} = 3\,W_{20'} \qquad Q_{20} = \frac{W_{r20'}}{1/3} = 3W_{r20'}$$

$$P_{30'} = \frac{W_{a30'}}{1/2} = 2\,W_{30'} \qquad Q_{30'} = \frac{W_{r30'}}{1/2} = 2\,W_{r30'}$$

$$P_{60'} = Ph = \frac{W_{a60'}}{1} = W_{60'} \qquad Q_{60'} = \frac{W_{r60'}}{1} = W_{r60'} = W_{rh}$$

$$P_{120'} = \frac{W_{a120'}}{2} = 0{,}5W_{120'} \qquad Q_{120'} = \frac{W_{r120'}}{2} = 0{,}5\,W_{r120'}$$

$$P_{240'} = \frac{W_{a240'}}{4} = 0{,}25\,W_{240'} \qquad Q_{240'} = \frac{W_{r240'}}{4} = 0{,}25\,W_{r240}$$

$$P_{480'} = P_{schimb} = \frac{W_{a480'}}{8} = \frac{W_{schimb}}{8}$$

$$Q_{480'} = Q_{schimb} = \frac{W_{r480'}}{8} = \frac{W_{schimb}}{8} \quad \text{etc.}$$

În exemplele de mai sus s-au luat în considerare toți submultiplii întregi ai celor 60 min ale unei ore, ca și cîțiva multipli întregi ai unei ore.

Este de menționat faptul că determinarea puterii medii după indexurile contorului pentru intervale scurte de timp este imprecisă, mai ales în cazurile în care constanta rezultantă a agregatelor de măsură are o valoare mare. Din acest motiv, pentru perioade mai scurte de timp (în general sub 30 min) pentru mărirea gradului de precizie al determinării, se preferă ca puterea medie să fie determinată după numărul de rotații efectuate de către discul contorului în intervalul de timp respectiv.

5.3.1. *Determinarea puterii medii cu ajutorul indicațiilor mecanismului de înregistrare (indexului contorului)*

Prin simpla împărțire a energiei în kilowattore, determinate conform precizărilor din 5.2.1., la timpul în care a fost înregistrată energia respectivă, în ore, se obține puterea medie din intervalul de timp considerat, în kilowați. Metoda este extrem de simplă și se aplică practic pentru perioade de timp de cel puțin o oră. În general, prin metoda aceasta se determină puterile medii orare, necesare ridicării curbei de consum (s-a văzut că în acest caz, numeric puterea medie este egală cu energia consumată în ora respectivă), cum și puterile medii pe schimb, pe cele 24 h ale unei zile, sau pe lună. Pentru perioade mai scurte de timp, metoda devine imprecisă, conform celor arătate mai sus.

Formula prin care se obține puterea medie activă, în kilowați, cu ajutorul indexurilor contorului, este

$$P_{med} = \frac{W_a}{t} = \frac{(X_F - X_I) \cdot K_{rez}}{t},$$

în care: P_{med} este puterea medie activă, în kW, din intervalul de timp considerat;

W_a — energia activă, în kWh, înregistrată în intervalul de timp considerat;

t — timpul, în h;

K_F și K_I — indexurile final și inițial ale contorului;

K_{rez} constanta rezultantă a agregatului de măsură.

Formula este analogă pentru cazul contoarelor de energie electrică reactivă.

5.3.2. *Determinarea puterii medii cu ajutorul cronometrării rotațiilor discului contorului*

S-a arătat în § 5.2.2. cum, prin numărarea rotațiilor discului contorului, se determină energia corespunzătoare numărului de rotații respectiv.

Cum energia împărțită la timp conduce tocmai la puterea medie, numărarea rotațiilor discului contorului într-un anumit interval de timp, cunoscut (cronometrarea numărului de rotații ale discului contorului), conduce la puterea medie din intervalul de timp considerat, conform formulei

$$P_{med}=K_{Rtm}\cdot\frac{3600\ N}{C_D\cdot t}=K_{Rtm}\frac{1\cdot K_D}{1\,000\ t},$$

în care: P_{med} este puterea medie determinată în timpul t, în kW;

K_{Rtm} — constanta raporturilor de transformare ale transformatoarelor de măsură;

N — numărul de rotații făcute de discul contorului, în timpul t;

t — timpul, în s.;

C_D — raportul de transmisie al contorului în rot/ kWh;

K_D — constanta rotațiilor discului, în Ws/rot, 3600 și 1000 provenind din transformarea orelor în secunde, respectiv a kilowattorelor în wattore.

Metoda este foarte des folosită la determinarea operativă a punerii medii pentru un interval scurt de timp (obișnuit de ordinul minutelor), în lipsa unor aparate speciale pentru determinarea puterii. Se procedează după cum urmează:

Se urmărește mișcarea discului contorului prevăzut cu o pată colorată, prin fereastra capacului contorului. În momentul trecerii petei colorate de pe discul contorului se pune în funcțiune cronometrul și se începe numărarea rotațiilor, începînd — după cum s-a văzut în paragraful 5.2.2 — cu zero. După un număr oarecare de rotații ale discului contorolui (număr întreg) — mai mare sau mai mic, în funcție de timpul aproximativ în care se dorește să se determine puterea medie — la o nouă trecere a petei colorate prin dreptul ferestrei, se oprește cronometrul și se termină numărătoarea. Cu datele obținute (numărul de rotații și timpul în care discul contorului a efectuat aceste rotații, în secunde), puterea medie se determină imediat, prin aplicarea uneia din formulele de mai sus.

Este de recomandat, mai ales în cazul timpilor mici și al sarcinilor variabile, ca determinarea să fie repetată, pentru a se evita determinarea unei puteri medii care să nu fie concludentă (să nu oglindească decît o putere momentană, întîmplătoare chiar), repetarea determinării dînd indicații prețioase și asupra eventualelor variații a sarcinii în timp.

5.3.3 *Determinarea puterii medii cu ajutorul indicatorului de maxim*

După cum s-a arătat pe larg în cap. 1, acul conducător al unui indicator de maxim acuză în orice moment o deviație direct proporțională cu energia înregistrată de contor din momentul în care acesta, în timpul foarte scurt de acțiune a electromagnetului a fost adus în poziția inițială, în dreptul opritorului (zero diviziuni).

La sfîrșitul fiecărei perioade de înregistrare (care la contoarele dn România, conform legislației tarifare în vigoare și conform tipurilor constructive folosite, este întotdeauna de 15 min), numărul de diviziuni indicat de acul conducător al indicatorului înmulțit cu constanta rezultantă a indicatorului de maxim (produsul dintre constanta proprie și constanta raporturilor de transfor-

mare) indică tocmai cvadruplul energiei înregistrate de contor în sfertul de oră respectiv, cu alte cuvinte indică tocmai puterea medie din sfertul de oră considerat.

Această metodă de determinare a puterii medii absorbite pentru un anumit sfert de oră este în general nepractică și imprecisă, datorită faptului că pentru a nu se confunda cu acul condus, care de fapt reprezintă acul indicator propriu-zis, acul conducător este foarte scurt, neajungînd pînă la gradațiile cadranului, ceea ce face ca citirea numărului de diviziuni să se facă cu greutate și cu inexactitate; citirea este cu atît mai susceptibilă de erori cu cît trebuie prins exact timpul foarte scurt cînd acul conducător, la sfîrșitul cursei sale crescătoare, a atins poziția sa maximă. Anumite tipuri de indicatoare de maxim nici nu permit efectuarea unor astfel de determinări.

Deși imprecisă și destul de incomodă, datorită faptului că în perioada sfîrșitului sfertului de oră respectiv acul conducător trebuie urmărit cu atenție încordată, metoda este totuși folosită uneori de consumatori, avînd avantajul de a da indicații asupra puterii absorbite, fără a necesita desigilarea indicatorului de maxim.

Mult mai precisă și de fapt singura corectă este metoda clasică de folosire a indicațiilor acului condus. Deoarece însă, după cum s-a văzut în cap. 1, acul condus rămîne fixat la numărul de diviziuni corespunzător deviației maxime a acului conducător (din sfertul de oră cel mai încărcat de la aducerea la poziția zero a acului condus), pentru a determina puterea pentru un anumit sfert de oră, folosind indicațiile acului condus, acesta trebuie readus la poziția zero (manual, cu ruperea sigiliului indicatorului de maxim) de îndată ce, la expirarea unei perioade de înregistrare de 15 min, acul conducător a fost readus automat la poziția inițială (la comanda ceasului de comutare și contact). Pentru a se economisi timpul, determinarea se poate face și pornind de la un moment intermediar, cînd acul conducător se găsește în cursa sa crescătoare, cu observația că, în acest caz, acul condus nu trebuie adus la poziția zero, ci la o poziție intermediară, avînd față de origine (de zero) un unghi

ceva mai mare sau cel mult egal cu poziția acului conducător. În caz contrar, există riscul ca acul conducător să fie împins forțat înapoi, ceea ce poate conduce la dereglarea indicatorului sau chiar la defectarea întregului mecanism. Pe de altă parte, pentru a se obține puterea medie reală, este imperios necesar ca acul condus să fie adus la o poziție în orice caz mai mică decît cea corespunzătoare poziției maxime, la care se va afla acul conducător la finele perioadei de înregistrare.

În cazul contoarelor de decontare, deoarece aplicarea acestei metode (folosirea acului condus) implică ruperea sigiliului indicatorului de maxim, este evident că acest sistem de determinare este la îndemîna exclusivă a personalului care exploatează respectivul agregat de măsură.

După trecerea unui număr oarecare (oricît de mare) de perioade de înregistrare (sferturi de oră) de la aducerea la poziția zero a acului indicator (acul condus), acesta va indica un număr de diviziuni corespunzător celei mai mari puteri medii de un sfert de oră, indicată de acul conducător la sfîrșitul sfertului de oră cel mai încărcat.

5.4. Determinarea factorului de putere mediu ponderat

Determinînd, după cum s-a arătat mai sus, energia activă W_a, respectiv energia reactivă W_r, corespunzătoare aceluiași interval de timp, sau, ceea ce este același lucru, determinînd puterea medie activă P_{med}, respectiv puterea medie reactivă Q_{med}, valoarea medie ponderată a factorului de putere pentru intervalul de timp considerat (oră, schimb, zi, lună, trimestru, an etc.) se obține într-unul din modurile indicate în cele ce urmează.

Se calculează întîi valoarea medie ponderată a tangentei unghiului de defazaj dintre curent și tensiune, cu ajutorul uneia din formulele:

$$\text{tg}\varphi = \frac{W_r}{W_a} \quad \text{sau} \quad \text{tg}\varphi = \frac{Q}{P}.$$

Corespondența între cosinusul și tangenta aceluiași unghi

cos φ	tg φ	oos φ	tg φ	cos φ	tg φ	cos φ	tg φ	cos φ	tg φ
0,40	2,29	0,52	1,64	0,64	1,20	0,76	0,86	0,88	0,54
0,41	2,23	0,53	1,60	0,65	1,17	0,77	0,83	0,89	0,51
0,42	2,16	0,54	1,56	0,66	1,14	0,78	0,80	0,90	0,48
0,43	2,09	0,55	1,52	0,67	1,11	0,79	0,78	0,91	0,46
0,44	2,04	0,56	1,48	0,68	1,08	0,80	0,75	0,92	0,43
0,45	1,98	0,57	1,44	0,69	1,05	0,81	0,72	0,93	0,39
0,46	1,93	0,58	1,41	0,70	1,02	0,82	0,69	0,94	0,36
0,47	1,88	0,59	1,37	0,71	0,99	0,83	0,67	0,95	0,33
0,48	1,85	0,60	1,33	0,72	0,96	0,84	0,65	0,96	0,29
0,49	1,78	0,61	1,30	0,73	0,94	0,85	0,62	0,97	0,25
0,50	1,73	0,62	1,27	0,74	0,91	0,86	0,59	0,98	0,20
0,51	1,69	0,63	1,23	0,75	0,88	0,87	0,57	0,99	0,14

Apoi se extrage din tabele valoarea cos φ corespunzînd respectivei valori a tgφ, calculată cu una din formulele de mai sus (tabelul 6).

Valoarea cos φ, cînd se cunoaște valoarea tg φ, se obține folosind nomograma din fig. 50, în care sînt date valorile cos φ în funcție de diferitele valori ale tg φ.

Valoarea factorului de putere mediu ponderat cos φ se poate determina direct cu ajutorul uneia din formulele:

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{W_r}{W_a}\right)^2}} \text{ sau}$$

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{Q}{P}\right)^2}},$$

în care: W_r, W_a, Q și P au semnificațiile cunoscute.

Utilizarea acestor formule impune calcule ceva mai complicate, dar rezultatul obținut este precis fără să fie nevoie de tabele sau nomograme.

Fig. 50. Nomogramă pentru determinarea lui cos φ în funcție de tg φ.

În fig. 51 este indicată o abacă (nomogramă) cu ajutorul căreia, fiind cunoscute aceleași mărimi ca în cazurile precedente (fie W_a și W_r, fie P și Q), valoarea factorului de putere mediu ponderat rezultă imediat, metoda fiind foarte expeditivă (se folosește o riglă simplă de birou), dar mai puțin precisă.

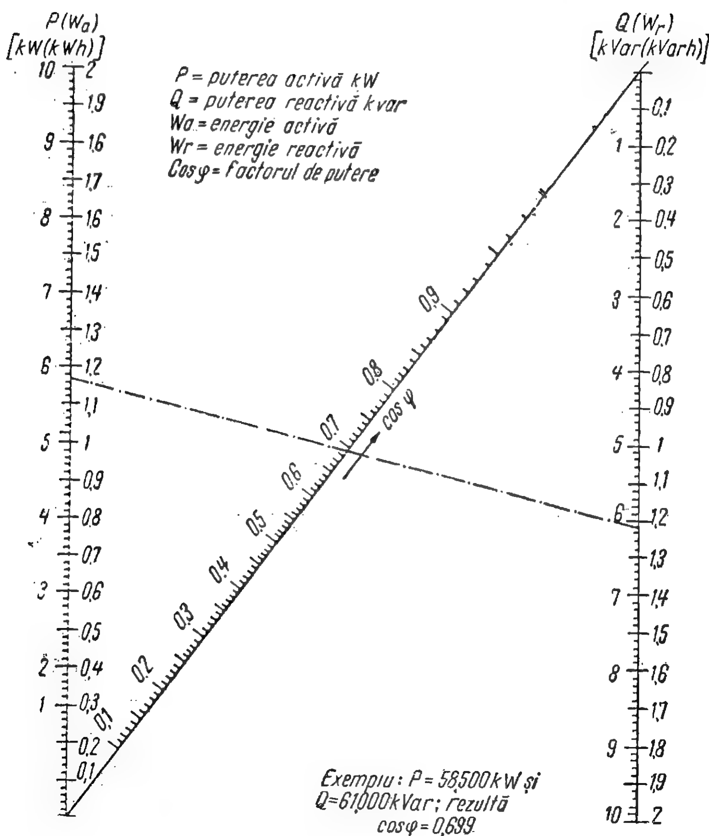


Fig. 51. Nomogramă pentru determinarea lui cos φ în funcție de P și Q (respectiv W_a și W_r).

5.4.1. *Observații în legătură cu determinarea factorului de putere mediu ponderat cu ajutorul contoarelor*

Pentru determinarea corectă a factorului de putere mediu ponderat, se impune ca energiile (activă sau reactivă) sau puterile medii (activă sau reactivă) să se refere strict la același interval de timp. Din acest punct de vedere se preferă folosirea indicațiilor mecanismului de înregistrare (indexul inițial și cel final al contorului), cu observația erorilor ce apar după cum am văzut la timpi mici, mai ales în cazul constantelor rezultante mari. În cazul numărării sau cronometrării rotațiilor discurilor apar erori, chiar admițînd că determinările se fac simultan de către două persoane (una la contorul de energie activă iar cea de-a doua la contorul de energie reactivă), datorită faptului că, numai cu totul întîmplător, la începutul sau sfîrșitul perioadei respective, petele celor două discuri pot trece simultan în dreptul ferestrelor contoarelor. Astfel, perioadele de timp nu se suprapun perfect, ceea ce poate atrage după sine erori importante, mai ales în cazul timpilor mici și cu atît mai mult cu cît sarcina activă, cea reactivă sau ambele prezintă mari variații în timp.

6. Instalarea și exploatarea contoarelor electrice

6.1. Generalități

Modul de instalare a contoarelor electrice cum și felul în care acestea sînt exploatate și întreținute determină corecta lor funcționare și asigură gradul de precizie necesar.

Condițiile care se impun din acest punct de vedere pot fi clasificate în condiții generale, valabile pentru toate categoriile de contoare electrice, indiferent de destinația lor și condiții speciale, caracteristice contoarelor, servind pentru decontarea consumului de energie electrică.

În acest capitol vor fi tratate condițiile respective numai în măsura în care ele interesează întregul personal ce exploatează sau verifică instalații electrice de utilizare și vor fi numai amintite în treacăt problemele specifice de detaliu, care interesează un cerc mai îngust de specialiști.

6.2. Condițiile ce se impun la amplasarea contoarelor electrice

Amplasarea corectă a unui contor presupune:

— asigurarea pentru contor a condițiilor optime de funcționare, impuse de fabrica constructoare;

— asigurarea pentru personalul de exploatare a unui acces ușor și fără pericol la contor;

— pentru contoarele servind la decontarea consumurilor de energie electrică se impune să fie luate o serie de măsuri suplimentare, de natură să elimine posibilitățile de sustragere a energiei electrice, măsuri strict obligatorii indiferent de natura consumatorilor la care sînt montate contoarele respective.

Pentru realizarea acestor deziderate se vor respecta mai multe condiții.

— Caracteristicile tehnice ale contorului trebuie să corespundă caracteristicilor și condițiilor tehnice ale instalației în care acesta va fi montat (tensiune, curent, clasă de precizie, mod de conectare, dimensiuni etc.).

Tensiunea nominală a contorului trebuie să fie cît mai apropiată de tensiunea nominală a instalației în care acesta se montează (preferabil aceeași), admițîndu-se totuși mici abateri: contoarele avînd tensiunea nominală de 3×220/127 V vor putea fi utilizate în rețele avînd tensiunea nominală de 3×208/120 V sau invers, iar în cazul montajului indirect, contoarele cu tensiunea nominală de 110 V pot fi racordate la transformatoare de tensiune avînd o tensiune secundară nominală de 100 V sau invers.

În privința curentului nominal al contorului, acesta trebuie să corespundă sarcinii respective, cunoscut fiind că funcționarea în regim de suprasarcină conduce la

deteriorarea contorului, iar o sarcină prea mică (raportată la curentul nominal al contorului) conduce la micșorarea gradului de precizie al înregistrărilor (sub o anumită sarcină, contorul nici nu mai înregistrează energia electrică respectivă).

— contoarele electrice trebuie să fie asigurate împotriva suprasarcinilor, prin siguranțe fuzibile sau prin întreruptoare automate.

— Contoarele electrice se instalează în poziție strict verticală, în caz contrar apărînd frecări suplimentare, care micșorează gradul de precizie al înregistrărilor, la înclinări mari ajungîndu-se pînă la frînarea sau chiar decuplarea discului contorului.

— Fiind aparate de construcție delicată, contoarele electrice trebuie ferite de lovituri, șocuri și vibrații în timpul exploatării lor, acestea putînd conduce la micșorarea preciziei în funcționare sau chiar la dereglarea sau degradarea contorului.

— Mediul înconjurător trebuie să corespundă condițiilor impuse de fabrica constructoare a contorului, din punctul de vedere al umidității și temperaturii aerului, cum și al conținutului său de praf, gaze corosive etc.

Pentru satisfacerea acestor cerințe, contoarele electrice trebuie instalate numai în încăperi uscate, avînd temperatura mediului ambiant cuprinsă între 0 și 40°C (umiditatea și variațiile anormale ale temperaturii — mai mari de ±20°C — compromit corecta funcționare a contorului).

Deși, de regulă, se caută să se evite instalarea contoarelor în aer liber, apar situații în care această cerință nu poate fi realizată (stații și posturi de transformare exterioare, șantiere etc.). În astfel de cazuri, contorul se amplasează într-un dulap special (metalic sau de lemn), în care, pentru încălzirea contorului în timpul iernii, se instalează și o lampă de 15—25 W. În ușa dulapului se găsește o deschizătură acoperită cu sticlă, prin care se citesc indicațiile contorului.

Protecția contoarelor electrice împotriva murdăriei și a prafului sau a gazelor corosive conținute de aerul mediului înconjurător se face prin instalarea lor în dulapuri de protecție etanșe.

— Printr-o amplasare convenabilă a contorului, trebuie să se creeze pentru personalul de exploatare și întreținere posibilitatea unui acces ușor la contor, eliminîndu-se pericolul eventual de atingere a unor instalații vecine aflate sub tensiune. Măsura este cu atît mai importantă cu cît în vecinătatea contorului s-ar putea găsi instalații de înaltă tensiune, iar unele operații la contoare sînt efectuate de către un personal avînd o calificare redusă (exemplu cititorii de contoare).

Pentru o cît mai ușoară citire a indicațiilor contoarelor, acestea se instalează în așa fel, încît înălțimea lor să nu depășească 1,5 m față de pardoseală.

— Conductoarele care alimentează un contor electric trebuie protejate în tuburi de protecție, condiție foarte importantă mai ales în cazul contoarelor servind pentru decontarea consumului energiei electrice, cînd se impune ca traseul coloanelor respective să fie vizibil și cît mai ușor accesibil, în vederea micșorării riscului de sustragere a energiei electrice prin alimentarea unor receptoare în amonte de contorul de decontare.

Circuitele secundare ale contoarelor electrice în montaj semidirect sau indirect nu vor putea avea înnădituri, nici chiar corect executate.

Este de remarcat că în centralele și stațiile electrice mari, montarea conductoarelor de alimentare a contoarelor electrice în tuburi și protejarea lor nu sînt obligatorii.

— Secțiunile conductoarelor, care se fixează la contor cu șuruburi în bucșele situate în blocul bornelor, trebuie să corespundă sarcinii respective, neputînd însă fi mai mici de 2,5 mm^2 pentru conductoarele de cupru, respectiv de 4 mm^2 pentru conductoarele de aluminiu. Fixarea directă a conductoarelor în cutia de borne a contorului este posibilă numai în cazul conductoarelor avînd o secțiune pînă la 16 mm^2, pentru conductoare de secțiune mai mare, legăturile executîndu-se cu papuci corespunzători prin sudare.

De regulă, conductoarele de alimentare sosesc la contor pe partea sa stîngă, iar conductoarele care merg către sarcină pleacă dinspre partea dreaptă a cutiei de borne a contorului.

În cazul montajului indirect, conductoarele de cupru ale circuitelor secundare vor avea secțiunea minimă de 2,5 mm², pentru circuitele de curent, respectiv 1,5 mm², pentru circuitele de tensiune.

6.3. Fixarea contoarelor

Din motivele amintite mai sus (verticalitate, lipsa vibrațiilor, acces la legături etc.), problema modului de fixare a contoarelor electrice este de primă importanță pentru corecta lor funcționare.

Fixarea contoarelor electrice se face pe panoul sau stelajul metalic al instalațiilor, în cazul contoarelor servind la decontarea consumurilor de energie electrică folosindu-se ca suport pentru instalarea contorului electric un panou special din tablă de oțel, cunoscut sub denumirea de *ramă pentru contor*; în ultimul timp apar și rame confecționate din material plastic. Ramele pentru contoare se confecționează în trei variante (mărimi), conform fig. 52.

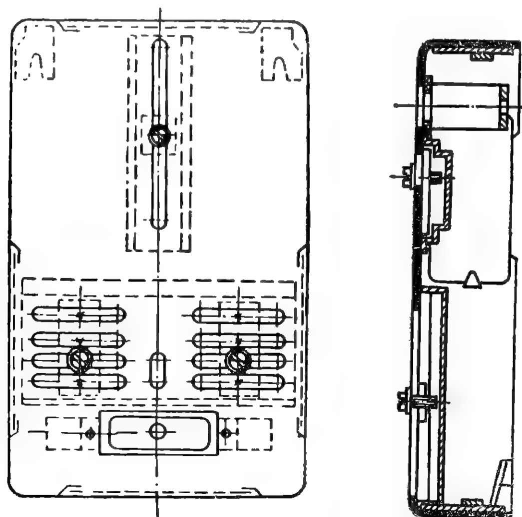


Fig. 52. Ramă de contor.

O ramă de contor este astfel concepută, încît:

— asigură posibilitatea instalării contoarelor de diferite dimensiuni pe aceeași ramă, ceea ce este foarte important, permițînd ca la schimbările periodice să poată fi folosite fără nici o greutate și alte tipuri de contoare decît cele montate inițial; această posibilitate este asigurată prin tăierile orizontale și verticale practicate în tabla ramei, prin orificiile respective culisînd dispozitivele de prindere și fixare, care pot fi reglate după necesități;

— elimină posibilitățile de sustragere a energiei electrice prin faptul că, pe de o parte, acoperă conductoarele care se leagă la cutia de borne, iar pe de altă parte, nu permite nici o modificare a poziției în care se fixează inițial contorul; deplasarea contorului sau a ramei sale nu sînt posibile decît avînd acces la șurubul special amplasat sub capacul cutiei clemelor, care, în cazul contoarelor servind la decontarea consumurilor de energie electrică este sigilat de către întreprinderea furnizoare de energie electrică.

6.4. Sigilarea contoarelor electrice

Sigiliile care se întîlnesc la contoarele electrice sînt de două feluri:

— sigiliile purtînd marca D.G.M.S.I. (ale verificării de stat);

— sigiliile purtînd marca întreprinderii care exploatează contoarele electrice respective.

Sigiliile purtînd marca D.G.M.S.I. sînt aplicate de către reprezentanții verificării de stat, la șuruburile de fixare ale capacului contorului, după efectuarea ultimei verificări metrologice; existența lor este obligatorie pentru orice contor electric în funcțiune, indiferent de destinația sau apartenența acestuia.

Sigiliile purtînd marca întreprinderii care exploatează contoarele electrice se aplică:

— la capacul cutiei bornelor, imediat după instalarea sa, sau după ultima verificare a stării legăturilor sale;

— la acele indicatoare ale fiecărui indicator de maxim după fiecare aducere la poziția zero a respectivelor ace indicatoare;

— la capacul ceasului de comutare și contact, după ultima sa reglare.

În legătură cu sigilarea contoarelor apar și situații deosebite.

— La contoarele servind pentru evidența de control (ale întreprinderilor furnizoare de energie electrică sau ale consumatorilor) este obligatorie doar existența sigiliului purtînd marca verificării de stat.

— La contoarele servind pentru decontarea consumului de energie electrică, în afara sigiliului purtînd marca verificării de stat, se aplică în mod obligatoriu și sigiliile purtînd marca întreprinderii furnizoare de energie electrică, dat fiind faptul că aceste contoare, deși aparțin întreprinderii furnizoare de energie electrică, sînt de regulă în custodia consumatorului. În cazurile excepționale, în care contoarele de decontare a energiei electrice sînt amplasate în incinte ale întreprinderii furnizoare de energie electrică, unde delegatul consumatorului nu are acces permanent, este rațional ca sigiliile aplicate la capacul cutiei bornelor și mai ales la indicatoarele de maxim și ceasurile de comutare să poarte marca consumatorului; deși uzual nu se procedează în acest fel, întreprinderea furnizoare nu se poate opune cînd apare o astfel de pretenție a consumatorului, care este perfect îndreptățită.

— Ruperea oricărui sigiliu al unui contor servind pentru decontarea consumului de energie electrică se poate face numai în prezența delegaților ambelor părți contractante și numai cu încheierea unui proces-verbal semnat de aceștia. Pentru indicatoarele de maxim, cum și în caz de reglaj greșit al ceasurilor de comutare și contact — greșeală ce poate fi văzută urmărindu-se prin geamul ceasului poziția călăreților sau abaterile de la ora exactă — ruperea sigiliilor va fi efectuată numai după întocmirea și semnarea de către ambele părți contractante a procesului-verbal de constatare. În caz de dezacord, se vor lăsa sigiliile intacte, acestea urmînd a

fi rupte de către comisia de expertiză, care va stabili de partea cui este dreptatea.

Îndepărtarea sigiliului purtînd marca D.G.M.S.I. și deschiderea contorului se fac în laboratoare sau ateliere special autorizate și înregistrate la organele D.G.M.S.I. Numai delegații acestora au dreptul de a efectua controlul de stat al contoarelor și de a aplica marca D.G.M.S.I., pe sigiliul astfel marcat apărînd cifra de control a verificatorului și anul verificării (deci implicit termenul viitoarei verificări de stat). Numai existența mărcii verificării de stat pe sigiliu permite folosirea contoarelor respective pentru evidența energiei electrice.

În cazuri de litigii privind corecta funcționare a unui contor de decontare, cînd se recurge la o expertiză din partea organelor D.G.M.S.I., se vor solicita anticipat și justificat rezultatele detailate ale verificării, care vor fi menționate în buletinul de verificare (pe verso); în caz contrar, buletinul va indica numai dacă contorul se încadrează sau nu în clasa de precizie indicată, fără a conține precizările necesare unei eventuale recalculări a înregistrărilor sale.

— Ruperea unilaterală a sigiliului unui contor de decontare privează partea în culpă (pînă la proba contrarie a părții în custodia căreia se află contorul) de dreptul de a formula vreo pretenție privind înregistrările contorului în cauză.

— Fiecare salariat al întreprinderii furnizoare de energie electrică, împuternicit de a aplica marca întreprinderii pe sigiliile contoarelor de decontare, va fi dotat cu un *cleşte de plombat* avînd însemnul său, în folosință exclusivă, astfel încît oricînd să se poată identifica persoana care a aplicat sigiliul la un anumit contor (conform evidenței centralizate a însemnelor eliberate în cadrul întreprinderii). Acești clești de plombat vor fi predați celor în drept, contra semnătură și cu menționarea expresă a însemnului atribuit.

— În procesele verbale care se încheie în toate cazurile de înlocuire a sigiliilor aplicate de către întreprinderea furnizoare de energie electrică, se vor menționa însemnele (mărcile), atît ale vechiului cît și ale noului sigiliu.

— Înainte de ruperea oricărui sigiliu, pentru orice motiv, se va verifica în prealabil, cu deosebită atenție, integritatea acestuia. În cazul în care un sigiliu este suspect de a fi fost violat, el va fi lăsat în starea în care a fost găsit, pînă la încheierea procesului-verbal de constatare de către organele penale, care vor fi sesizate imediat.

6.5. Verificarea contoarelor electrice

6.5.1. *Verificarea metrologică de stat*

Toți aceia care construiesc, importă, repară, închiriază, repartizează sub orice formă, sau folosesc contoare electrice sînt obligați să le supună verificării metrologice de stat, după cum urmează:

— *verificarea inițială*, care se efectuează asupra contoarelor electrice construite, reparate sau provenite din import, mai înainte ca acestea să fie livrate, depozitate sau folosite;

— *verificarea periodică*, care se efectuează asupra contoarelor electrice din uz, termenele fiind de cinci ani pentru contoarele electrice monofazate din locuințe, de trei ani pentru contoarele trifazate obișnuite și de un an pentru contoarele speciale.

În cazul contoarelor servind la decontarea consumului de energie electrică, responsabilitatea pentru efectuarea în termen a verificărilor periodice revine întotdeauna întreprinderii furnizoare de energie electrică.

De regulă, înainte de a se trece la verificarea periodică se procedează la curățarea contorului, la înlocuirea unor piese care eventual s-au uzat și la ungerea corespunzătoare a lagărelor.

Verificările inițială și periodică ale contoarelor electrice pot fi efectuate numai de către D.G.M.S.I., fie direct prin organele sale metrologice, fie prin organele metrologice ale *unităților*, care, în conformitate cu dispozițiile legale, sînt autorizate de către D.G.M.S.I. în acest scop, prin convenții de verificare.

Este de la sine înțeles că în cazurile în care, ca urmare a unui litigiu privind funcționarea unui contor ser-

vind pentru decontarea consumului de energie electrică, apare necesară efectuarea unei verificări metrologice, aceasta va putea fi făcută numai direct de către organele metrologice ale D.G.M.S.I., chiar dacă în cadrul întreprinderii furnizoare de energie electrică există o *unitate* autorizată de către D.G.M.S.I.

Rolul verificărilor metrologice este de a constata dacă performanţele contoarelor electrice corespund sau se menţin în limitele impuse de standardele, normele sau prescripţiile tehnice legale în vigoare.

6.5.2. *Verificarea internă*

Pe lîngă verificările de stat, în exploatarea contoarelor electrice apare curent necesitatea efectuării unor verificări interne, în vederea asigurării unei funcţionări cît mai corecte a agregatelor de măsură.

Verificările interne, din punctul de vedere al necesităţii efectuării lor, se clasifică în:

— *verificări periodice;*

— *verificări accidentale.*

Verificările interne periodice se efectuează între două verificări de stat, la intervale de timp stabilite prin dispoziţii interne sau regulamente, în funcţie de importanţa contoarelor (ordinul de mărime al energiei măsurate) şi de condiţiile de utilizare a aparatului (mediul ambiant); în general, perioada de verificare internă se stabileşte aproximativ la jumătatea perioadei verificării de stat.

Astfel, regulamentul de exploatare tehnică a instalaţiilor electrice din întreprinderile industriale şi similare recomandă următoarele termene maxime pentru verificările interne periodice:

— contoarele de energie electrică de pe generatoare, servicii interne şi de schimb cu sistemul, o dată pe an;

— restul contoarelor, o dată la 3—5 ani.

Verificările interne accidentale se efectuează ori de cîte ori apar dubii privind corecta funcţionare a unui contor. În cazul contoarelor electrice servind la decontarea consumului de energie electrică, verificările ac-

cidentale se efectuează fie la cererea consumatorului, fie din inițiativa întreprinderii furnizoare de energie electrică. Dacă consumatorul este cel care solicită efectuarea verificării, întreprinderea furnizoare de energie electrică este obligată ca în termen de 10 zile de la data primirii reclamației, să verifice contorul și să comunice consumatorului rezultatul verificării.

După locul de efectuare a verificărilor, acestea se clasifică în:

— *verificări de laborator;*

— *verificări la locul de instalare a contorului.*

Verificarea contoarelor electrice la locul de instalare a lor sînt, în general, verificări interne.

Perturbațiile ce pot apărea în funcționarea normală a unui contor electric pot fi cauzate de contorul electric propriu-zis sau de schema de conectare a acestuia.

Verificările de laborator ale contoarelor sînt mai precise, dar se referă numai la contorul propriu-zis nu și la modul în care acesta a fost conectat în instalație.

Fără a se intra în detaliile verificării de laborator, este necesar să se precizeze că în laborator se verifică în primul rînd îndeplinirea condițiilor de precizie cerute contorului, pentru a se constata dacă, la diferitele sarcini, valorile erorii se încadrează în limitele erorilor maxime admise pentru clasa de precizie a contorului respectiv. Dar tot în laborator se verifică mersul în gol, sensibilitatea, mecanismul înregistrator etc.

Verificarea unui contor electric la locul de montare se referă atît la aparatul propriu-zis (verificare mai puțin precisă decît verificarea de laborator) cît și la condițiile de montaj ale contorului respectiv.

Verificarea contorului electric propriu-zis poate fi făcută folosindu-se una din următoarele două metode de comparație:

— metoda *wattmetru-cronometru;*

— metoda *contorului etalon.*

Metoda wattmetru-cronometru este teoretic mai precisă, mai ales dacă se folosesc aparate bune, cu mai multe limite de măsură, ca să nu se facă citiri în prima

parte a scării. Această metodă nu diferă principial de metoda folosită în laborator, cu deosebirea că în locul unei sarcini fictive (metoda circuitelor separate), care poate fi menținută constantă, se folosește sarcina reală, care în general este greu să fie menținută constantă, dacă se folosesc receptoarele consumatorului. Corectivul folosirii unor reostate mobile speciale are neajunsul, pe de o parte, al apariției de greutăți privind transportul acestora, mai ales cînd sînt necesare sarcini mai mari, iar pe de altă parte, al apariției unui consum suplimentar de energie electrică.

Schema de conexiuni pentru verificarea unui contor electric monofazat după metoda wattmetru-cronometru este indicată în fig. 53, iar în fig. 54 s-a indicat aceeași

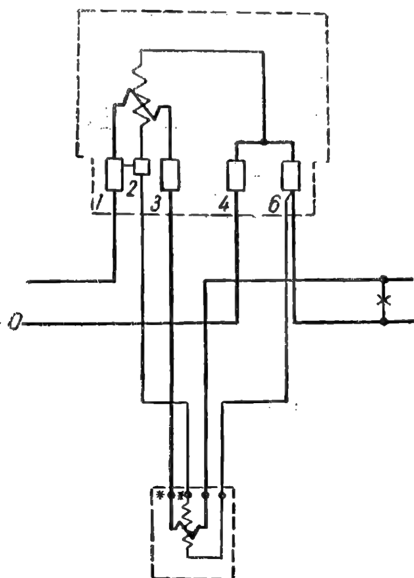


Fig. 53. Schemă de legare pentru verificarea unui contor monofazat prin metoda „wattmetru-cronometru".

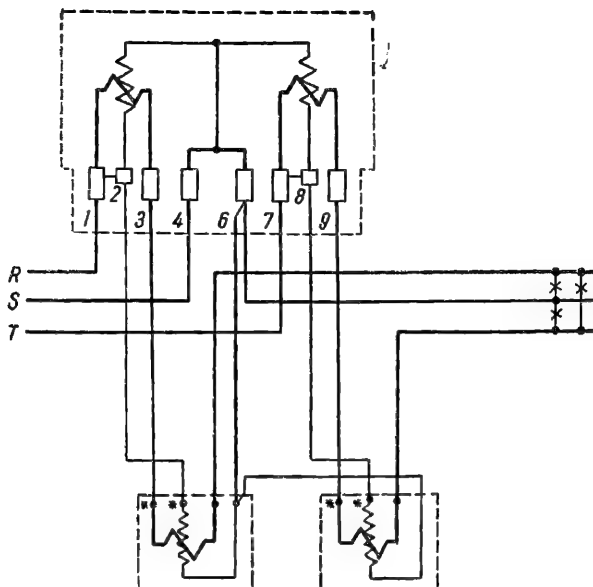


Fig. 54. Schemă de legare pentru verificarea unui contor trifazat prin metoda „wattmetru-cronometru".

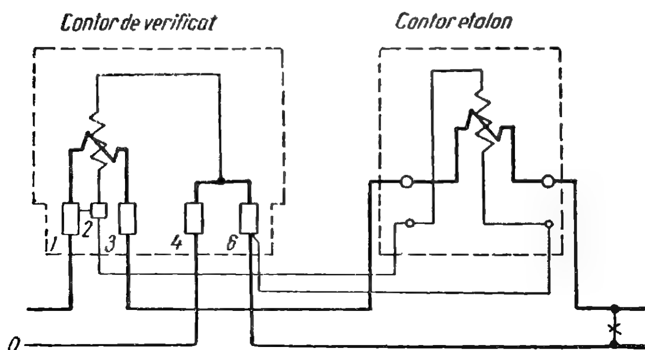


Fig. 55. Schemă de legare pentru verificarea unui contor monofazat prin metoda „contorului etalon".

schemă pentru cazul unui contor trifazat cu două echipaje mobile, montat direct.

Se precizează că erorile ce apar în folosirea acestei metode de verificare la variațiile de sarcină fac să fie preferată metoda contorului etalon, care constă în compararea înregistrărilor contorului supus verificării cu înregistrările unui contor etalon, schema de montaj fiind cea indicată în fig. 55.

În ambele metode, valoarea, în procente, a *erorii relative* a contorului verificat este dată de expresia

$$\varepsilon\% = \frac{W_{ver} - W_{et}}{W_{et}} \cdot 100 \quad [\%],$$

în care:

W_{ver} — energia indicată de contorul verificat în timpul t;

W_{et} — energia înregistrată de contorul etalon (deci energia reală) în același interval de timp t.

De regulă, energiile respective se determină prin cronometrarea numărului de rotații ale discurilor contoarelor, cronometrul folosit în acest scop trebuie să aibă limita minimă de măsurare 0,1 s, iar eroarea sa sub 0,1 s pe o durată de 60 s.

În cazuri speciale, se pot efectua la locul de montare a contorului și alte probe privind corecta funcționare a acestuia, și anume:

— verificarea mersului în gol, întrerupînd alimentarea bobinelor de curent și păstrînd aplicată tensiunea; discul contorului nu trebuie să se rotească, admițîndu-se cel mult o fracțiune dintr-o rotație completă;

— verificarea sensibilității la tensiunea nominală și la factor de putere egal cu 1; sarcina minimă la care discul contorului începe să se rotească nu trebuie să fie mai mare de 0,5% din curentul nominal;

— verificarea funcționării corecte a mecanismului înregistrator.

Deosebit de importante sînt verificările schemelor de montaj ale contoarelor electrice, verificări care nu pot fi

făcute decît la locul de instalare a contoarelor ce trebuie verificate.

Identificarea greşelilor de montaj implică stabilirea configuraţiei reale a schemei de montaj. Cel mai simplu procedeu constă în urmărirea şi identificarea circuitelor cu ajutorul unei sonerii (metoda sunării), care are însă dezavantajul că impune scoaterea de sub tensiune a instalaţiei, deci întreruperea consumatorului respectiv.

Verificarea schemei de montaj a unui contor electric prin metoda ridicării diagramei vectoriale prezintă mari avantaje prin faptul că se poate aplica chiar la locul de funcţionare a contorului, că permite ca verificarea să se facă fără întreruperea consumatorului (sau a receptoarelor racordate în instalaţia respectivă în cazul în care nu este vorba despre un contor de decontare) şi că este foarte precisă (sigură). Metoda prezintă însă dezavantajul că necesită un personal de calificare superioară, din care cauză ea se aplică de regulă în cadrul întreprinderilor furnizoare de energie electrică, numai în cazul contoarelor măsurînd energii importante (contoarele generatoarelor centralelor electrice, contoarele de schimb de energie ale sistemului energetic, contoare montate la foarte mari consumatori sau, în fine, contoare la care apar dubii în ceea ce priveşte corecta lor funcţionare).

Metoda constă în ridicarea cu ajutorul datelor obţinute prin măsurări, făcute cu un wattmetru, a unei diagrame vectoriale, din care să rezulte poziţia celor doi vectori de curent în diagrama vectorială a tensiunilor. Această diagramă vectorială indică orice eventuală greşeală de montaj al contorului şi permite să se stabilească pe de o parte modificările ce trebuie făcute în instalaţie pentru ca schema să devină corectă, iar pe de altă parte să se stabilească relaţia de funcţionare a contorului în montajul iniţial (eronat). Este necesară determinarea coeficientului cu care trebuie înmulţite indicaţiile contorului pe perioada cît a funcţionat cu montaj greşit, pentru a se obţine energia real consumată, ceea ce este foarte important pentru recalcularea energiilor (rezultate iniţial eronate).

Trebuie precizat că apar numeroase situaţii în care determinarea coeficientului de corecţie este destul de complicată, de multe ori în expresia sa intrînd şi factorul de putere cu care a funcţionat instalaţia element care, de cele mai multe ori, nu poate fi cunoscut cu precizie, ceea ce complică şi mai mult lucrurile. Mai mult, apar situaţii în care, ca urmare a unui montaj eronat, discul contorului rămîne imobil, ceea ce face imposibilă stabilirea unui coeficient de corecţie.

În fig. 56 şi tabelul 9 s-au prevăzut o serie de posibilităţi de deranjamente în circuitele transformatoare-

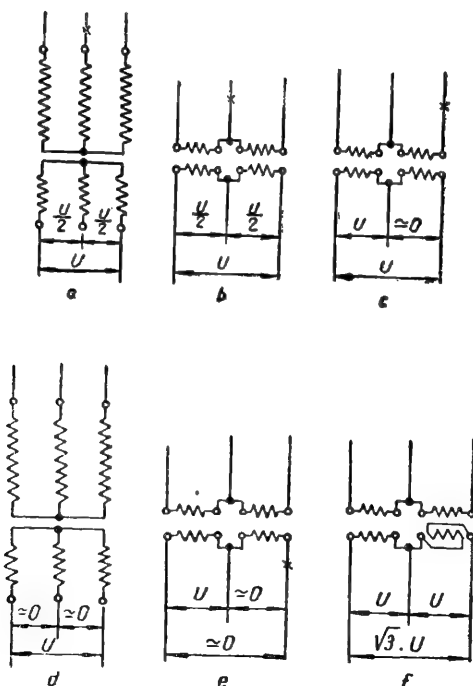


Fig. 56. Schema cuprinzînd deranjamentele ce pot apărea în circuitele transformatoarelor de tensiune.

Valorile coeficienţilor de corecţie
(erori posibile la montajul indirect

Nr. crt. al conexiunii	Echipajul mobil I		Echipajul mobil II		Valoarea factorului cuplului
	Tensiunea	Curentul	Tensiunea	Curentul	Echipajul mobil 1
1	U_{12}	I_1	U_{32}	I_3	$+\cos(\varphi-30°)$
2	U_{12}	$-I_1$	U_{32}	I_3	$-\cos(\varphi+30°)$
3	U_{12}	I_1	U_{32}	$-I_3$	$+\cos(\varphi+30°)$
4	U_{12}	$-I_1$	U_{32}	$-I_3$	$-\cos(\varphi+30°)$
5	U_{12}	I_3	U_{32}	I_1	$+\sin\varphi$
6	U_{12}	$-I_3$	U_{32}	I_1	$-\sin\varphi$
7	U_{12}	I_3	U_{32}	$-I_1$	$+\sin\varphi$
8	U_{12}	$-I_3$	U_{32}	$-I_1$	$-\sin\varphi$
9	U_{31}	I_1	U_{21}	I_3	$+\cos(\varphi-30°)$
10	U_{31}	$-I_1$	U_{21}	I_3	$+\cos(\varphi-30°)$
11	U_{31}	I_1	U_{21}	$-I_3$	$+\cos(\varphi-30°)$
12	U_{31}	$-I_1$	U_{21}	$-I_3$	$+\cos(\varphi-30°)$
13	U_{31}	I_3	U_{21}	I_1	$-\cos(\varphi+30°)$
14	U_{31}	$-I_{31}$	U_{21}	I_1	$-\cos(\varphi+30°)$
15	U_{31}	I_3	U_{21}	$-I_1$	$+\cos(\varphi+30°)$
16	U_{31}	$-I_3$	U_{21}	$-I_1$	$-\cos(\varphi+30°)$
17	U_{23}	I_1	U_{13}	I_3	$+\sin\varphi$

în cazul diferitelor montaje al contoarelor electrice)

A din formula activ Echipajul mobil II	Valoarea factorului A din formula cuplului activ total	Coeficientul de corecție *K* (cu care trebuie înmulțite indicațiile pentru obținerea energiei reale
$+\cos(\varphi - 30°)$	$\sqrt{3}\cos\varphi$	1
$+\cos(\varphi - 30°)$	$\sin\varphi$	$\frac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$
$-\cos(\varphi - 30°)$	$-\sin\varphi$	$-\frac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\varphi}$
$-\cos(\varphi - 30°)$	$-\sqrt{3}\cos\varphi$	-1
$-\sin\varphi$	0	—
$-\sin\varphi$	$-2\sin\varphi$	$-\frac{\sqrt{3}}{2\operatorname{tg}\varphi}$
$+\sin\varphi$	$2\sin\varphi$	$\frac{\sqrt{3}}{2\operatorname{tg}\varphi}$
$+\sin\varphi$	0	—
$-\sin\varphi$	$-\frac{1}{2}(\sqrt{3}\cos\varphi + 3\sin\varphi)$	$-\frac{2}{1+\sqrt{3}\operatorname{tg}\varphi}$
$-\sin\varphi$	$\frac{1}{2}(\sqrt{3}\cos\varphi - \sin\varphi)$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\operatorname{tg}\varphi}$
$+\sin\varphi$	$-\frac{1}{2}(\sqrt{3}\cos\varphi - \sin\varphi)$	$-\frac{2\sqrt{3}}{3-\operatorname{tg}\varphi}$
$+\sin\varphi$	$\frac{1}{2}(\sqrt{3}\cos\varphi + 3\sin\varphi)$	$\frac{2}{1+\sqrt{3}\operatorname{tg}\varphi}$
$-\cos(\varphi + 30°)$	0	—
$-\cos(\varphi + 30°)$	$-\sqrt{3}\cos\varphi + \sin\varphi$	$-\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\operatorname{tg}\varphi}$
$+\cos(\varphi + 30°)$	$\sqrt{3}\cos\varphi - \sin\varphi$	$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\operatorname{tg}\varphi}$
$+\cos(\varphi + 30°)$	0	—
$-\cos(\varphi + 30°)$	$-\frac{1}{2}(\sqrt{3}\cos\varphi - 3\sin\varphi)$	$-\frac{2}{1-\sqrt{3}\operatorname{tg}\varphi}$

Nr. crt. al conexiunii	Echipajul mobil I		Echipajul mobil II		Valoarea factorului cuplului
	Tensiunea	Curentul	Tensiunea	Curentul	Echipajul mobil I
18	U_{23}	$-I_1$	U_{13}	I_2	$-\sin\varphi$
19	U_{23}	I_1	U_{13}	$-I_2$	$+\sin\varphi$
20	U_{23}	$-I_1$	U_{13}	$-I_3$	$-\sin\varphi$
21	U_{23}	I_1	U_{10}	I_1	$-\cos(\varphi+30°)$
22	U_{23}	$-I_3$	U_{13}	I_1	$+\cos(\varphi-30°)$
23	U_{23}	I_3	U_{13}	$-I_1$	$-\cos(\varphi-30°)$
24	U_{23}	$-I_2$	U_{13}	$-I_1$	$+\cos(\varphi-30°)$

lor de tensiune, iar în tabelul 7 s-au dat indicații privind legăturile greșite ale unui contor trifazat cu două echipaje mobile în montaj indirect și expresia coeficientului de corecție *K*. Cuplul activ se calculează cu formula $C = UIA$, în care *A* are valorile din tabelul 7.

Înmulțind indicațiile contorului în montaj greșit, cu coeficientul de corecție *K*, se obține energia reală pe care acesta ar fi trebuit să o indice dacă ar fi fost corect montat (operația nu este posibilă în cazul în care discul contorului este imobil).

Principalele defecte care apar la contoarele electrice în montaj indirect sînt indicate și în tabelul 8 care poate fi folosit în cazul în care fără ridicarea diagramei vectoriale se constată apariția unuia din cazurile prevăzute în tabel

A din formula activ — Echipajul mobil II	Valoarea factorului A din formula cuplului activ total	Coeficientul de corecţie A cu care trebuie înmulţite indicaţiile pentru obţinerea energiei reale
$+\cos(\varphi+30°)$	$-\frac{1}{2}\left(\sqrt{3}\cos\varphi+\sin\varphi\right)$	$-\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\text{tg}\varphi}$
$+\cos(\varphi+30°)$	$-\frac{1}{2}\left(\sqrt{3}\cos\varphi+\sin\varphi\right)$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\text{tg}\varphi}$
$+\cos(\varphi+30°)$	$\frac{1}{2}\left(\sqrt{3}\cos\varphi-\sin\varphi\right)$	$\frac{2}{1-\sqrt{3}\,\text{tg}\,\varphi}$
$+\cos(\varphi-30°)$	0	—
$-\cos(\varphi-30°)$	$\sqrt{3}\cos\varphi+\sin\varphi$	$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\text{tg}\varphi}$
$-\cos(\varphi-30°)$	$-\sqrt{3}\cos\varphi-\sin\varphi$	$-\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\text{tg}\varphi}$
$-\cos(\varphi-30°)$	0	—

Tabelul 8

Valorile coeficienţilor de corecţie pentru diferite cazuri de defecte, la contoarele montate prin intermediul transformatoarelor de măsură

Caracterul deranjamentului	Cauze posibile	Coeficientul de corecţie	Observaţii
Inactivitatea echipajului mobil al fazei R	Ruperea conductorului de la transformatorul de tensiune, sau arderea siguranţei. Întreruperi în circuitul de curent	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\text{tg}\varphi}$	

Caracterul deranjamentului	Cauze posibile	Coeficientul de corecţie	Observaţii
Inactivitatea echipajului mobil al fazei *T*	Idem	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\text{tg}\varphi}$	
În circuitul de curent al fazei *R* curentul circulă în sens contrar	Marcarea greşită la bornele transformatorului de curent sau eroare de montaj	$\frac{\sqrt{3}}{\text{tg}\varphi}$	
În crcuitul de curent al fazei *T* curentul circulă în sens contrar	Idem	$\frac{\sqrt{3}}{\text{tg}\varphi}$	
Conductoarele care aduc tensiunea de la fazele *R* şi *S* sînt schimbate	Eroare de montaj	—	Discul este aproape imobil, nu este posibil să se introducă corecţia
Conductoarele care aduc tensiunea de la fazele *S* şi *T* sînt schimbate	Idem	—	
La borna comună a înfăşurărilor în derivaţie este aplicată tensiunea fazei *R*. La echipajul mobil legat prin intermediul transformatorului de curent *R*, este aplicată tensiunea *T*; la celălalt echipaj e aplicată tensiunea fazei *S*	Idem	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\text{tg}\varphi}$	
Lipsa tensiunii pe faza *S*, (pe care nu sînt legate transformatoarele de curent)	Arderea siguranţei. Ruperea conductorului	2	

Deranjamente în circuitul transformatoarelor de tensiune

<table>
<tr><th rowspan="2">Raportul tensiunilor la bornele contorului și schema din fig. 56</th><th colspan="2">Cauze posibile ale asimetriei tensiunilor</th></tr>
<tr><th>În cazul unui transformator de tensiune trifazat</th><th>În cazul a două transformatoare de tensiune monofazate conectate „în V“</th></tr>
<tr><td>Una din tensiuni are valoarea normală; celelalte două valoarea de două ori mai mică decît cea normală (schemele a și b)</td><td>Întreruperea uneia din fazele înfășurării de înaltă tensiune sau arderea unei siguranțe pe partea de înaltă tensiune (schema a)</td><td>Arderea siguranței fazei pe partea de înaltă tensiune (schema b)</td></tr>
<tr><td>Două tensiuni au valoarea normală, cea de a treia este egală cu zero sau mult mai mică decît jumătatea tensiunii normale (schema e)</td><td>La transformatorul de tensiune trifazat acest caz nu e posibil</td><td>Întreruperea înfășurării de înaltă tensiune a unuia din transformatoare. S-a ars siguranța pe una din fazele extreme, pe partea de înaltă tensiune (schema c)</td></tr>
<tr><td>O tensiune are valoarea normală celelalte sînt egale cu zero sau mult mai mici decît jumătatea celei normale (schemele d și e)</td><td colspan="2">Înrtreruperea uneia din fazele înfășurării de joasă tensiune. Întreruperea sau dispariția curentului într-unul din conductoarele de la transformator la contor. Arderea siguranței pe una din faze, pe partea de joasă tensiune. (schema d) (schema e)</td></tr>
<tr><td>Două tensiuni au valoare normală, cea de a treia este de 1,73 ori mai mare decît cea normală. (schema f)</td><td>La transformatorul de tensiune trifazat acest caz nu este posibil</td><td>La unul din transformatoarele de tensiune, bornele sînt greșit marcate. (schema f)</td></tr>
</table>

7. Condiţii de securitate a muncii în exploatarea contoarelor electrice

În acest capitol nu vor fi tratate aspectele generale ale problemei securităţii muncii în instalaţiile electrice, care sînt tratate pe larg în *Normele de tehnica securităţii,* ci vor fi date numai acele indicaţii practice care sînt de natură să elimine pericolul de accidentare ce apare pentru personalul de exploatare care nu respectă regulile stabilite pentru astfel de lucrări.

Necesitatea respectării stricte a normelor de tehnica securităţii muncii, specifice instalaţiilor respective, este accentuată de faptul că, în mare parte, lucrările de exploatare a contoarelor se execută în instalaţii *sub tensiune,* chiar dacă montarea sau demontarea unui contor se poate face şi cu întreruperea tensiunii (exemplu verificarea contoarelor la locul de montaj).

Este de remarcat că montarea şi demontarea contoarelor electrice sub tensiune asigură, în cazul montajelor semidirect şi indirect, continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorilor; în cazul montajului direct acest avantaj nu există, dată fiind necesitatea întreruperii circuitului primar. De altfel, în cazul montajului direct, la sarcini mai mari de 10 A şi tensiuni mai mari de 220 V, pentru schimbarea sub tensiune a contoarelor este necesară şi obligatorie întreruperea curentului de sarcină (prin scoaterea siguranţelor sau deschiderea întreruptorului din aval de contor), din care cauză, noile norme de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice prevăd că montarea contoarelor trifazate în montaj direct, sub tensiune, trebuie evitată aprobîndu-se numai în anumite cazuri speciale.

În cele ce urmează vor fi expuse principalele prevederi ale *Normelor de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice,* aprobate cu ordinul M.E.E. nr. 335/68, intrate în vigoare la data de 1 ianuarie 1969, cu caracter de aplicare experimentală pe o perioadă de un an, în problema exploatării contoarelor electrice.

Lucrările la contoarele electrice sau la circuitele acestora, care comportă ridicarea îngrădirilor permanente

sau pătrunderea în apropierea părţilor de instalaţie aflate sub tensiune, se execută cu întreruperea tensiunii; fac excepţie operaţiile care se pot executa prin intermediul unor tije izolante (exemplu înlocuirea siguranţelor din circuitele primare ale transformatoarelor de tensiune).

Montarea şi demontarea sub tensiune a contoarelor electrice (monofazate sau trifazate) se poate face de către o echipă formată din două persoane, în baza unei instrucţiuni tehnice interne şi cu folosirea obligatorie a mijloacelor de protecţie (mănuşi electroizolante, ochelari de protecţie, scule cu mînere izolante şi degetare izolante pentru separarea părţilor sub tensiune).

Montarea sau demontarea contoarelor electrice monofazate pot fi făcute şi numai de o singură persoană (grupa a III-a de calificare NPM), dar numai cu întreruperea tensiunii.

În cazul contoarelor montate prin intermediul transformatoarelor de curent, înfăşurarea secundară a acestor transformatoare va fi scurtcircuitată, verificîndu-se totodată dacă ea este legată la pămînt; în cazul în care legătura la pămînt lipseşte, se va realiza această legătură.

Este interzisă întreruperea în timpul lucrului a circuitelor de curent ale transformatoarelor de curent aflate în funcţiune. Scoaterea din clemele contoarelor sau ale şirurilor de cleme intermediare a conductoarelor circuitelor secundare ale transformatoarelor de curent va putea fi făcută numai după ce în amonte s-a procedat în prealabil la scurtcircuitarea bornelor transformatoarelor de curent, de regulă folosindu-se pentru aceasta scurtcircuitoare speciale, realizate din conductor de cupru izolat, de circa 15—20 cm lungime, avînd la capete, bine fixate, cleme crocodil.

Executarea oricăror lucrări în circuitele secundare ale transformatoarelor de curent este permisă numai după executarea scurtcircuitării prevăzute mai sus şi numai în aval de aceasta.

În cazul contoarelor montate prin intermediul transformatoarelor de tensiune, se va întrerupe tensiunea secundară a acestora, fie prin scoaterea siguranţelor de joasă tensiune, fie prin scoaterea din cleme a conductoarelor.

Lucrarea poate fi executată și fără întreruperea tensiunii, numai dacă înfășurarea secundară este legată la pămînt, verificarea acestei legături la pămînt făcîndu-se prin măsurarea tensiunii între faze și între fiecare fază și pămînt.

Capătul fiecărui conductor liber va trebui să fie izolat imediat după scoaterea lui din bornă, prin aplicarea unui deget izolant, care poate fi scos numai înainte de introducerea conductorului respectiv în bornă.

Introducerea conductoarelor în bornă se va face cu deosebită grijă, pentru evitarea unor eventuale scurtcircuite provocate prin atingerea conductorului fie cu carcasa aparatului, fie cu un alt conductor izolat în mod necorespunzător.

Operațiile de montare-demontare a contoarelor amplasate în exterior sînt interzise pe timp umed (ploaie, ninsoare).

Pe lîngă prevederile de mai sus, cuprinse în *Normele de protecție a muncii pentru instalații electrice*, este important de reținut că înaintea începerii oricărei lucrări este necesar să se observe gradul de pericol pe care îl reprezintă executarea lucrării respective și să se stabilească ce măsuri suplimentare de protecție mai trebuie, eventual, luate pentru asigurarea unei protecții depline a personalului în timpul executării lucrării.

Această măsură este necesară, dat fiind faptul că în norme sînt prevăzute numai măsurile de protecție minimale, specifice unei anumite operații, care asigură o protecție deplină în cazurile normale, dar care, în anumite condiții specifice, pot deveni insuficiente; în exploatare se mai întîlnesc încă instalații vechi în care, prin poziția contorului respectiv, însăși citirea sa reprezintă un pericol dacă nu se întrerupe tensiunea instalațiilor vecine cu care, eventual, cititorul ar putea veni în atingere

Bibliografie

1. Antoniu, I. S. *Aparate de măsurat şi măsurări electrice uzuale*. Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
2. Beetz, W., Schrohe, A., Forger, K. *Elektrizitätszahler und Messwandler*. Braun, Karlsruhe Verlag, 1959.
3. Fedotov, B. N. *Cum se folosesc contoarele electrice* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1961.
4. Feldman, V., Văleanu, V. *Utilizarea raţională a energiei electrice*. Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
5. Goriunov, P. N., Pighin, S. M., Sumilovski, N. N., *Contoare electrice* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura energetică de stat, 1954.
6. Ionescu, D., Chiorăscu, C. *Aparate şi metode de măsurat electrice*. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1964.
7. László, Toma. *Manualul electroenergeticianului din întreprinderile industriale*. Bucureşti, Editura tehnică, 1959.
8. Madjar, L. *Factorul de putere* (trad. din l. germană). Bucureşti, I.D.T., 1954.
9. Pietrăreanu, E. *Agenda electricianului*. Bucureşti, Editura tehnică, 1968.
10. Petrescu, Gh. *Factorul de putere în reţelele electrice*. Bucureşti, Editura tehnică, 1957.
11. Popov, V. S. *Măsurări şi aparate electrotehnice de măsurat* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura energetică de stat, 1953.
12. Vostroknutov, N. G. *Contoare electrice şi exploatarea lor* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1951.
13. Vostroknutov, N. G. *Repararea contoarelor electrice*. Bucureşti, Editura energetică de stat, 1954.
14. * * * *Manualul inginerului electrician*. Vol. I—VIII. Bucureşti, Editura tehnică, 1953—1959.
15. * * * *Manualul inginerului*. Vol. I—II. Bucureşti, Editura tehnică, 1961—1966.
16. * * * *Sistemul internaţional de unităţi* (SI) (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1965.

Cuprins

Redactor: Ing. MARCEL CROITORU
Tehnoredactor: MARIA IONESCU
Coperta: VALENTIN VIŞAN

Dat la cules: 10.06.1969. Bun de tipar: 11.09.1969. Apărut: 1969. Hîrtie: pentru tipar înalt tip A de 63 g/m², 540×840/16. Coli editoriale: 6,77. Coli de tipar: 9,00. A.: 11731/1969. C.Z. pentru bibliotecile mari: 621.3.025.004.1. C.Z. pentru bibliotecile mici: 621.

Tiparul executat sub com. nr. 230, la Întreprinderea poligrafică „Crişana", Oradea str. Moscovei nr. 5.



ERATĂ

Pag.	Rîndul	În loc de	Se va citi
131	col. 3 rîndul 6 jos	$3 - \text{tg}\ \varphi$	$\sqrt{3} - \text{tg}\ \varphi$
133	tabelul 7 col. 3 rîndul 6	$\sqrt{3} - \text{tg}\ \varphi$	$\sqrt{3} + \text{tg}\ \varphi$
134	col. 3 rîndul 5	$\frac{\sqrt{3}}{\text{tg}\ \varphi}$	$-\frac{\sqrt{3}}{\text{tg}\ \varphi}$

Utilizarea contoarelor

Lei 4,25